

MONITOREO

DEL ESTERO REAL 1999



UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE ECOSISTEMAS ACUATICOS



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría podido realizarse sin el financiamiento del Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericana (PRADEPESCA), Unión Europea que ha apoyado este proyecto desde sus inicios. Así mismo se agradece al apoyo brindado por parte de la Administración de Pesca y Acuicultura (ADPESCA) que han formado parte del equipo de trabajo del mismo. Agradecemos al personal técnico, quienes aportaron su tiempo, conocimientos y experiencias en los análisis, tomas de muestras, y a todos aquellos que nos brindaron sus comentarios y opiniones.

Directora de Investigación

MSc. Agnés Saborío Coze.

Investigadores

MSc. Agnés Saborío Coze.

Lic. Martín Flütsch Caracas.

Lic. Zunilda Castellanos Corrales.

Colaboradores

Lic. Adela Miranda.

Lic. Berthier Parajón.

Lic. Lucia Saavedra.

Edición y diseño

Lic. Nelvia Hernández.

Lic. Zunilda Castellanos C.

Resumen

Durante 1999 se monitorearon seis estaciones, cuatro de ellas ubicadas a lo largo del Estero Real, desde el Golfo de Fonseca hasta la parte alta de este estero; se ubicaron dos estaciones más en los ramales principales del mismo. Una vez por mes se tomaron muestras de agua de superficie y fondo para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados mostraron poca variabilidad entre sí, lo que nos indica que no se presentó estratificación, ya que los datos obtenidos son similares. Los niveles de temperatura °C observados durante el año a lo largo de todas las estaciones no mostraron variabilidad, notándose apenas una pequeña diferencia en los meses de octubre y noviembre. La concentración de oxígeno disuelto fue mayor en las estaciones más cercanas al Golfo y sus niveles disminuyeron a medida que están más alejadas del mismo. Los niveles de pH no mostraron variabilidad significativa entre las estaciones de muestreo, la concentración de salinidad se elevó en los últimos meses de la época seca; sin embargo no sobrepasó las 40 ppt. La concentración de DBO disminuyó en la época lluviosa con relación a la menor presencia de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua; y fue mayor en las estaciones más próximas al Golfo. La concentración de DQO fue mayor en las estaciones más alejadas de la boca del Golfo. Los niveles de fósforo se mantuvieron estables en todas las estaciones incrementando los valores a medida que las estaciones se alejan del Golfo. Los niveles de nitritos se mantuvieron con valores similares a excepción de los observados en los meses de febrero y octubre. Los resultados microbiológicos indicaron que las estaciones que se encontraron con mayores problemas de presencia de bacterias fueron Camilo Ortega, Puerto Morazán y Cooprocám. Se reportaron siete especies de *Vibrio* en las aguas de las seis estaciones de muestreo. En las estaciones de muestreo Camilo Ortega, Puerto Morazán, Cooprocám, Torrecillas y Los Perejiles se encontró contaminación por *Vibrio cholerae*. Puerto Morazán, Cooprocám y Los Perejiles fueron las estaciones donde se encontró *Salmonella sp.*, en los meses de octubre y noviembre. La mayor cantidad de bacterias mesófilas se presentaron en Cooprocám, Puerto Morazán y Camilo Ortega en la época de verano. En las seis estaciones muestreadas se encontró una fuerte presencia de Coliformes fecales en los dos estratos muestreados.

Referencia Bibliográfica

CIDEA-UCA. 2000. Monitoreo del Estero Real 1999. Managua, Nicaragua. 72 pp.

INDICE

I. INTRODUCCION	3
II. METODOLOGIA	4
2.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS QUÍMICOS EN AGUAS SALOBRES	4
2.2 PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS.....	4
2.3 ANÁLISIS EFECTUADOS E EL LABORATORIO	5
III. RESULTADOS	7
3.1 TEMPERATURA	7
3.1.1 <i>Análisis de resultados</i>	7
3.2 SALINIDAD	11
SALINIDAD.....	11
3.2.1 <i>Análisis de resultados</i>	12
3.3 OXIGENO DISUELTO	16
3.3.1 <i>Análisis de resultados</i>	17
3.4 pH	20
3.4.1 <i>Análisis de resultados</i>	21
3.5 TURBIDEZ.....	24
3.5.1 <i>Análisis de resultados</i>	25
3.6 CONDUCTIVIDAD.....	28
3.6.1 <i>Análisis de resultados</i>	28
3.7 ALCALINIDAD TOTAL	32
3.7.1 <i>Análisis de resultados</i>	33
3.8 DEMANDA QUÍMICA Y BIOQUÍMICA DEL OXÍGENO	36
3.8.1 <i>Análisis de resultados</i>	36
3.9 FÓSFORO	42
3.9.1 <i>Reacción en el sedimento (arcilla, lodo)</i>	43
3.9.2 <i>Análisis de resultados</i>	43
3.10 NITRÓGENO	47
3.10.1 <i>Nitrificación</i>	47
3.10.2 <i>Amoniaco</i>	48
3.10.3 <i>Nitritos</i>	48
3.10.4 <i>Nitratos</i>	49
3.10.5 <i>Análisis de resultados</i>	49
IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS MICROBIOLOGICOS.....	57
EFECTUADOS EN EL ESTERO REAL EN 1999.	57
4.1 INTRODUCCIÓN	57
4.2 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS:	58
4.3 ANÁLISIS EFECTUADOS:	58
V. CONCLUSIONES:.....	66
VI. LITERATURA CONSULTADA.....	69
ANEXOS	71

I. INTRODUCCION

Nicaragua es el país de Centro América que tiene el mayor potencial para el cultivo de camarones peneidos. Desde 1992 Nicaragua ha pasado de tener 1,008 hectáreas cultivadas, de las que el 100% eran artesanales, a 6,191 en 1999, de las que sólo el 40%, aproximadamente, son artesanales. En términos de exportaciones, esto significó pasar de exportar 175,000 libras de camarón cultivado a 6,6 millones de libras, con un valor bruto de US\$21.2 millones en 1999.

Estas cifras muestran el enorme crecimiento que ha tenido esta actividad en el país. En consecuencia, es importante para el desarrollo sostenible de la camaronicultura, conocer la calidad del agua del Estero Real, - que desemboca en el Golfo de Fonseca - , donde se ubica el 98% de la industria del camarón de cultivo en Nicaragua. La importancia de este conocimiento aumenta si se tiene en cuenta que esta actividad está en crecimiento y se conoce un potencial de alrededor de 18,000 hectáreas en la zona (Currie, 1994) (FAO, 1990).

Por este motivo, se hace necesario monitorear la calidad deL agua para conocer sus condiciones físico - químicas y microbiológicas, a fin de saber cuándo las granjas empiezan a incidir negativamente en el medio y alertar a las autoridades competentes sobre la capacidad de sostenimiento o de carga del Estero. Este conocimiento, además de tener una aplicación ecológica, también es de importancia económica para los productores, pues se podrá prevenir la sobre explotación del recurso y, en consecuencia, preservar la inversión.

En otras palabras, el monitoreo es un mecanismo para conocer la ecología del río y prevenir una catástrofe ecológica, pero también es una herramienta económica para el país y los empresarios, ya que puede indicar el momento en que la industria camaronera debe frenar su desarrollo para evitar pérdidas a los productores.

Siendo la sostenibilidad de los recursos de la zona una necesidad prioritaria, se estableció como elemento básico el monitoreo de aguas mediante análisis físico - químicos y microbiológicos en cuatro estaciones de muestreo (El Chorro, Camilo Ortega, Puerto Morazán y Cooprocám) ubicadas sobre el Estero Madre más dos afluentes: Torrecillas y Los Perejiles, desde la boca del mismo hasta donde se interna el río en la tierra.

Los primeros muestreos se iniciaron en febrero de 1994; posteriormente se ha hecho un esfuerzo por continuar. Sin embargo, sólo se ha logrado mantener el muestreo de manera intermitente en los años sucesivos y no tomando todos los parámetros, por limitaciones presupuestarias.

En 1999, con financiamiento del Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano (PRADEPESCA) de la Unión Europea y en coordinación entre la Administración Nacional de Pesca y Acuicultura (ADPESCA) y el Centro de Investigaciones del Camarón de la Universidad Centroamericana (CIC-UCA), por primera vez se logró obtener de forma continua el monitoreo físico - químico y microbiológico del Estero Real.

II. METODOLOGIA

2.1 Metodología de análisis químicos en aguas salobres

La metodología utilizada es la que se presenta en el manual de la Universidad de Alabama “*Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquacultures*” por los Doctores Claude E. Boyd y Tucker Craig S., de Alabama Agricultura Experimental Station, Auburn University-Alabama (Junio 1992).

Los métodos de referencia son los Métodos Estándar para análisis de aguas y aguas residuales (American Public Health Asociación) con algunas modificaciones y los parámetros físico-químicos tomados son los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Listado de parámetros físico - químicos monitoreados en el Estero Real

	PARAMETROS FISICO-QUIMICOS	EQUIPOS
1	Temperatura del agua	Salinómetro (°C)
2	Salinidad	Salinómetro (ppt)
3	Conductividad	Salinómetro (µs)
4	Transparencia	Disco Secchi (cm)
5	Sedimentación	Conos Imhoff (mL/L)
6	Oxígeno Disuelto	Oxímetro (mg/L)
7	DBO	Botellas DBO (mg/L)
8	DQO	Método Volumétrico
9	pH	Phmetro
10	Alcalinidad Total	Método Volumétrico
11	Dureza Total	Método Volumétrico
12	Nitratos-N	Espectrofot.HACH
13	Nitritos-N	Spectronic 21
14	Amonio	Spectronic 21
15	Fósforo-reactivo	Spectronic 21

2.2 Pruebas microbiológicas

Las pruebas microbiológicas también se realizaron siguiendo los métodos establecidos en el libro de referencia “Métodos estándar para análisis de aguas y aguas residuales” (American Public Health Asociación) con algunas modificaciones. Los análisis realizados son los que se presentan a continuación.

1. Recuento total de Bacterias Mesófilas (NMP).
2. Recuento de Coliformes totales y fecales (NMP).
3. Identificación de *E. coli*.
4. Recuento y detección de *Vibrios* (UFC).
5. Detección e identificación de *Salmonella* (UFC).

2.3 Análisis efectuados e el laboratorio

a) Conductividad

Se mide con un medidor de conductividad YSI 30, el cual mide la conductividad en μOhm .

b) Sólidos totales sedimentables

Para determinar este parámetro se utilizan conos Imhof con capacidad de 1,000 mL. Se coloca en cada cono un volumen de agua de 1,000 mL que ha sido mezclada adecuadamente y se deja asentar durante 45 minutos; después, se sacude el cono y se deja sedimentar otros 15 minutos. Se mide el volumen de materia sedimentable (mL/L) que se ha acumulado del fondo del cono hacia arriba.

c) pH

El pH de las muestras se mide en un pHmetro Orion 420^a. Se emplean dos soluciones buffer para calibrarlo (buffer 7.0 y buffer 10.0). Luego se toman 70 – 80 mL de la muestra de agua y se determina el pH.

d) Demanda biológica del oxígeno (DBO)

El método consiste en la obtención de dos valores de oxígeno final después de un período de incubación. Las botellas de DBO en las que se han tomado las muestras de agua se incuban durante 3-5 días en un sitio oscuro. El oxígeno se determina con el oxímetro WTW 196.

e) Demanda química de oxígeno (DQO)

El método que se ha utilizado es una modificación al método de DQO llamado Calor de Dilución. Para muestras de agua salobre se agregan 200mg de sulfato de mercurio por cada 1000 mg de cloro. Si la salinidad es conocida puede estimarse la concentración del cloro dividiendo la salinidad en mg/L por 1.8.

f) Alcalinidad total

Titulación potenciométrica utilizando H_2SO_4 0.04 N

g) Dureza total

Método titulométrico EDTA.

h) Fósforo reactivo (fosfatos)

Se emplea el método del ácido ascórbico, llamado también del Ortofosfato. El método se basa en la formación de un método de fosfomolibdato que es subsecuentemente reducido con la producción de un complejo color azul.

La muestra de agua reacciona con una mezcla de reactivos, conteniendo ácido sulfúrico, molíbdico, ascórbico y antimonio trivalente. El compuesto resultante, un ácido heteropolar, es reducido *in situ* para dar una coloración azul, cuya extinción se mide con el espectrofotómetro Spectronic 21 Milton Roy Co., a una longitud de onda de 880 nm.

i) Nitritos

Los nitritos son determinados mediante la formación de un colorante azo púrpura rojizo producido a pH 2.0 a 2.5, mediante el acoplamiento de ácido sulfanílico diazotizado con 1-Naftil-etilendiamina o alfa-naftilamina dihidrocloruro.

j) Nitratos

Este análisis se hace en un espectrofotómetro DR/2000 HACH, se utiliza el método de reducción de Cadmio utilizando reactivos pre-empacados. Se lee en el programa 353, para la determinación de nitratos en un rango de 0 a 4.5 mg/L.

Otros métodos, según el *Standard Methods* son: método del espectrofotómetro ultravioleta, aplicable a muestras con bajas concentraciones de materia orgánica; método del electrodo de nitratos, usado en aguas con bajas contaminaciones; método de la columna de reducción de cadmio, para muestras con concentraciones menores de 0.1 mg/L de nitratos; el procedimiento del ácido cromotrópico es útil a concentraciones de 0.1 a 5.0 mg/L; método de reducción de la aleación de la Devorada para muestras con concentraciones mayores de dos mg/L.

k) Amonio

La determinación del Amonio se hace por medio del método del Indofenol o método del fenato. El agua salobre es tratada con una solución alcalina de citrato con hipoclorito y fenol en presencia de Nitroprusiato de sodio que sirve como catalizador. El color azul indofenol que se forma con el amoniaco es medido con el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm.

Otros métodos de análisis descritos por el *Standard Methods* son: Método de Nessler: puede emplearse directamente o con una destilación preliminar, es posible utilizarlo en muestras con concentraciones de $\text{NH}_3\text{-N}$ por encima de 5.0 mg/L. Método Titulométrico, utilizando H_2SO_4 0.02 N valorado y una solución de ácido bórico como absorbente del destilado. Para usar este método, las muestras deben destilarse previamente. Método del electrodo selectivo para Amonio. Es un método potenciométrico en el que se utiliza un pHmetro que posee una escala expandida en milivoltios. Es aplicable en la medición de 0.03 a 1400 mg/L en aguas potables, superficiales y en efluentes domésticos e industriales.

III. RESULTADOS

3.1 Temperatura

Las temperaturas en estanques se relacionan con la radiación solar y las temperaturas del aire. La temperatura tiene un pronunciado efecto sobre los procesos químicos y biológicos que se desarrollan en el agua. En general, se ha comprobado que las tasas de las reacciones químicas y biológicas se duplican cada 10 °C.

El agua tiene una gran capacidad de retener el calor que se conoce como capacidad calórica. El calor específico del agua es la unidad, que significa que 1 caloría se requiere para aumentar la temperatura de 1g de H₂O en un 1°C. La energía de luz se absorbe exponencialmente con la profundidad, así que gran parte del calor se absorbe en la capa superficial del agua.

La temperatura tiene influencia sobre la solubilidad de los gases, viscosidad y densidad del agua; el oxígeno disuelto mantiene una relación inversa con la temperatura: a temperaturas más bajas hay mayor riqueza de oxígeno en el medio.

La densidad del agua depende de la temperatura del agua. Los estanques y lagunas se pueden estratificar termalmente, ya que el calor se absorbe más rápido cerca de la superficie de un cuerpo de agua y las aguas calientes superiores (epilimnio) son menos densas que las aguas frescas inferiores (hipolimnio). La capa de rápido cambio de temperatura entre el epilimnio y hipolimnio se determina termoclina.

Las aguas estancadas se separan en capas de aguas cálidas y frías, proceso conocido como de estratificación térmica. La estratificación ocurre cuando las diferencias en densidad entre los estratos superiores e inferiores se hacen tan grandes que los dos estratos no se mezclan con el viento.

En climas tropicales, donde la temperatura del agua es alta todo el año - como se refleja en la gráfica - las diferencias en las temperaturas del aire entre las temporadas húmedas y secas pueden afectar apreciablemente la temperatura del agua. Los camarones y peces crecen mejor en la época lluviosa que en la época seca por las altas temperaturas del agua y mayor productividad de fitoplancton. Estos tienen poca tolerancia a cambios repentinos de temperatura. El efecto es usualmente mayor al mover a las criaturas de aguas más frescas a aguas más cálidas. Debido a que la temperatura aumenta al decrecer la altitud, es necesario permitir un ajuste de temperatura cuando se trasladan a los organismos acuáticos de aguas con altitud mayor a aguas de menor altitud.

3.1.1 Análisis de resultados

El comportamiento de la temperatura mostró prácticamente el mismo tipo de curva en el gráfico para las estaciones sobre el Estero Madre, y de las estaciones de los afluentes Torrecillas y Los Perejiles. Es importante señalar que las variaciones entre las temperaturas de los estratos tuvieron una media de 0.2 °C. Considerando esta variación, se observa que

las gráficas mostraron curvas paralelas entre estratos que variaron en ± 0.2 ; una variación mínima que nos indica la uniformidad de temperatura en la columna de agua de las estaciones. De esta manera, podemos decir que en las estaciones muestreadas no se presentó una estratificación térmica, ya que las diferencias en densidad entre los estratos superiores e inferiores no se hicieron tan grandes y se pudieron mezclar con el viento.

La temperatura en enero en todas las estaciones, con excepción de la estación El Chorro, se presentó más alta que en febrero. Es decir, que cuando en febrero descendió la temperatura en todas las estaciones con respecto al mes anterior, en la estación El Chorro incrementó. A partir de febrero empieza en todas las estaciones un alza en la temperatura, que tuvo su nivel más alto en junio para el primer semestre del año.

En el segundo semestre del año la temperatura bajó en todas las estaciones y siguió descendiendo hasta agosto con la excepción de la estación Coopromar, donde la temperatura descendió hasta octubre. Las estaciones El Chorro y Camilo Ortega, se presentaron en septiembre la temperatura más alta del año, para presentar al mes siguiente, octubre, la más baja.

En las estaciones Torrecillas y Los Perejiles la temperatura descendió hasta octubre. En este mes se presentaron las temperaturas más bajas del año con la excepción de la estación de Puerto Morazán, donde la temperatura más baja se presentó en diciembre.

La estación de El Chorro presentó las temperaturas más bajas de todas las estaciones a lo largo del año, en ambos estratos - superficie y fondo - con 26.9°C y 25.6°C respectivamente. La temperatura más alta del año para el estrato superficie se presentó en la estación de Coopromar con 31.3°C y para el estrato fondo se presentó en la estación El Chorro con 31.5°C .

La tendencia se marcó de la siguiente forma: los primeros tres meses del año y los tres últimos presentaron las temperaturas más bajas; y de abril a septiembre se observaron las temperaturas más altas. Esta circunstancia coincide con el hecho de que al final de cada año e inicio del siguiente, las temperaturas se presentan bajas y suben a mitad del año.

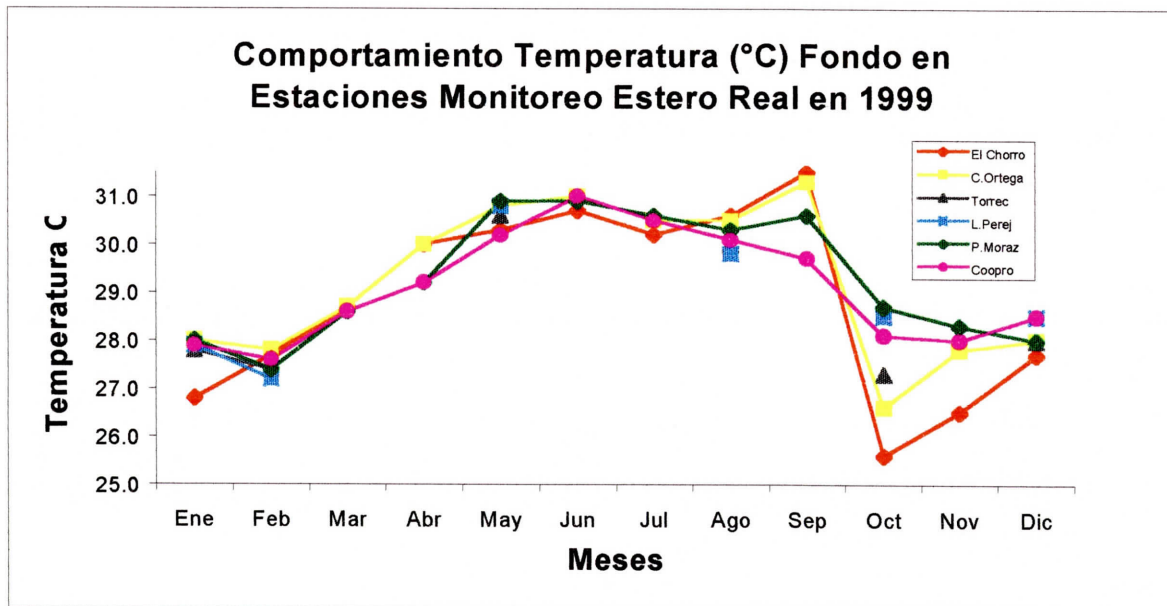
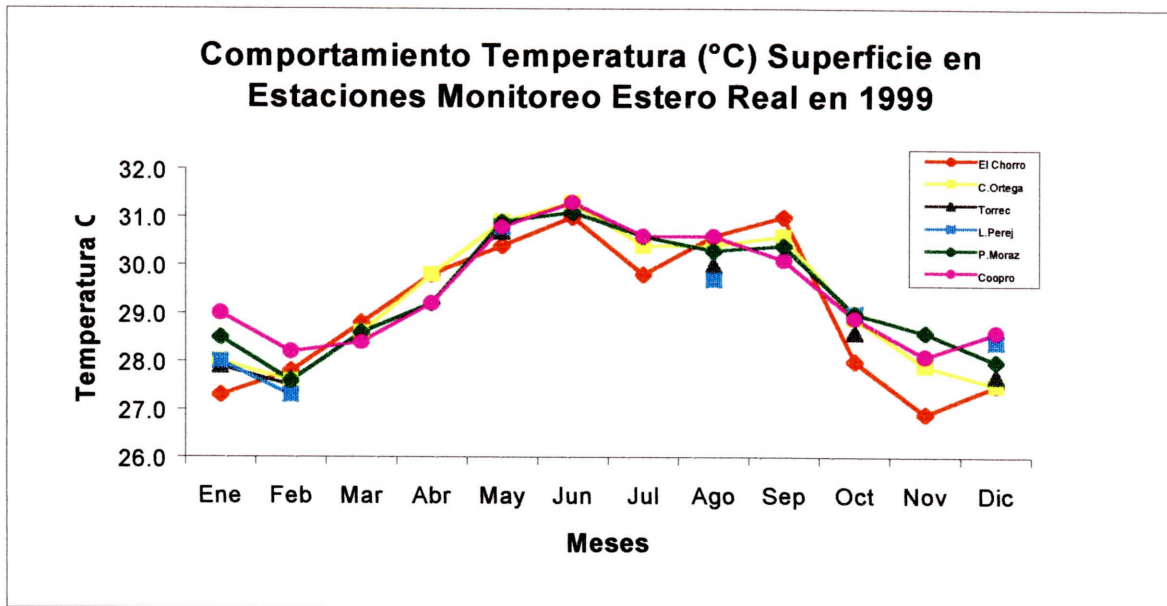
Datos de temperatura (°C) de estaciones de Monitoreo Estero Real en 1999**TEMPERATURA °C SUPERFICIE**

Mes	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	27.3	28.0	27.9	28.0	28.5	29.0
Febrero	27.8	27.6	27.5	27.3	27.6	28.2
Marzo	28.8	28.6			28.6	28.4
Abril	29.8	29.8			29.2	29.2
Mayo	30.4	30.9	30.7	30.8	30.9	30.8
Junio	31.0	31.3			31.1	31.3
Julio	29.8	30.4			30.6	30.6
Agosto	30.6	30.4	30.0	29.7	30.3	30.6
Septiembre	31.0	30.6			30.4	30.1
Octubre	28.0	28.9	28.6	29.0	29.0	28.9
Noviembre	26.9	27.9			28.6	28.1
Diciembre	27.5	27.5	27.7	28.4	28.0	28.6

TEMPERATURA °C FONDO

Mes	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	26.8	28.0	27.8	27.9	28.0	27.9
Febrero	27.7	27.8	27.4	27.2	27.4	27.6
Marzo	28.7	28.7			28.6	28.6
Abril	30.0	30.0			29.2	29.2
Mayo	30.3	30.8	30.6	30.8	30.9	30.2
Junio	30.7	31.0			30.9	31.0
Julio	30.2	30.5			30.6	30.5
Agosto	30.6	30.5	30.0	29.8	30.3	30.1
Septiembre	31.5	31.3			30.6	29.7
Octubre	25.6	26.6	27.3	28.5	28.7	28.1
Noviembre	26.5	27.8			28.3	28.0
Diciembre	27.7	28	28.0	28.5	28.0	28.5

Gráficos temp °C estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año 1999



3.2 Salinidad

El término salinidad se refiere a la concentración total de todos los iones disueltos en el agua. La salinidad se puede reportar en miligramos por litro, pero cuando las aguas tienen alta salinidad, es también común reportar la salinidad en partes por mil, que es lo mismo que gramos por litro:



En términos generales, la salinidad del agua se relaciona con el modo de ocurrencia del agua en la hidrosfera. Se dan seis rangos de magnitud de salinidad de agua (Hunt, 1967):

SALINIDAD

	(mg/L)	(ppt)
Agua de lluvia	3	0.003
Agua superficie	30	0.03
Agua subterránea	300	0.3
Agua de estuarios	3,000	3
Agua de mar	30,000	30
Agua de cuencas cerradas	300,000	300

El agua de lluvia esta relativamente libre de sustancias iónicas, pero a medida que corre por el terreno, disuelve iones de la tierra. El agua subterránea generalmente contiene más iones que el agua de la superficie, ya que tiene un mayor contacto con las formaciones geológicas que el agua de la superficie. El agua de estuarios resulta de la mezcla del agua dulce y el agua de mar. El agua de mar tiene un promedio de salinidad de 34 ppt y el agua dulce normalmente tiene una salinidad menor de dos ppt; por ello, cuanto más grande la relación de agua de mar y agua dulce, más alta será la salinidad en un estuario. Las cuencas cerradas de lagos o lagunas tienen flujo de entrada, pero no flujo de salida.

La concentración de iones por medio de la evaporación puede resultar en salinidades extremadamente altas. Es cierto que algunas aguas superficiales tienen salinidad mucho más alta o baja que 30 mg/L, algunas aguas subterráneas tienen salinidades más altas o menores de 300 mg/L, pero en general, el grado de mineralización del agua aumenta en la manera explicada.

La salinidad en agua de estanque depende de factores geológicos y climáticos. En climas donde hay temporadas húmedas y secas, la salinidad aumenta durante la estación seca y disminuye durante la estación húmeda. En estanques de aguas salobres, la salinidad del agua varía con la salinidad de estuarios que sirven como suministros de agua. La mayor parte de aguas salobres se encuentran en áreas tropicales donde se presentan pronunciadas estaciones húmedas y secas. Durante la estación húmeda, altas descargas de agua dulce de ríos a estuarios causan que los valores de salinidad declinen, mientras que bajas descargas de agua dulce durante la estación seca resulta en salinidades más altas.

Algunos estuarios con conexiones limitadas con el mar tienen salinidades más altas que el agua de mar (aprox.35 ppt) en la estación seca, porque los iones se concentran a consecuencia de la evaporación. La salinidad disminuye con la distancia río arriba desde la boca de los estuarios, y la salinidad se puede estratificar con respecto a la profundidad en estuarios.

Fast (1986) clasificó los niveles de salinidad en el agua de acuerdo a:

Niveles de salinidad, Fast (1986)	Salinidad, ppt
Agua dulce	< 0.5
Oligohalina	0.5 – 3.0
Mesohalina	3.0 – 16.5
Polihalina	16.5 – 30.0
Marina	30.0 – 40.0
Hipersalina	> 40.0

El agua salobre está en el rango de 0.5 a 30.0 ppt, pero los cuerpos de agua que se sirven de estuarios pueden tener salinidades mayores de 30.0 ppt. Durante la estación seca, el agua se evapora y los iones se concentran permitiendo un incremento de salinidad.

3.2.1 Análisis de resultados

Las concentraciones de salinidad presentaron curvas paralelas a lo largo de todo el año en todas las estaciones y en ambos estratos. Las concentraciones más altas de salinidad superficial y de fondo se presentaron en las tres primeras estaciones muestreadas - El Chorro, Torrecillas y Camilo Ortega -. Este patrón se presentó durante el año con ligeras fluctuaciones entre estratos.

Las concentraciones más altas en el estrato superficie se presentaron en las estaciones de El Chorro y Camilo Ortega en abril con 36.3 ppt. Es muy importante señalar que durante este mes se presentó la concentración más alta de salinidad en la estación de Coopromar en todo el año con 26.5 ppt. Esta estación es la que se encuentra más alejada de la boca del Estero Real, y tiene un menor recambio de agua de las conexiones marinas. La concentración de salinidad en el abril también fue la más alta en Puerto Morazán con 34.3 ppt. En abril se presentaron las concentraciones de salinidad más altas en todas las estaciones del Estero Madre durante todo el año. El nivel de salinidad más bajo - superficie y fondo - se reporta en la estación de Cooprocarn en diciembre con 0.1 ppt.

En el estrato fondo se presentó el mismo comportamiento: las tres primeras estaciones presentaron durante el año las más altas concentraciones de salinidad en todas las estaciones. De la misma forma, abril fue el mes que presentó las más altas salinidades por estaciones. Esto nos indica que las estaciones no sufrieron una estratificación de salinidad y que mantuvieron uniformidad de concentración a lo largo de la columna de agua.

La tendencia para ambos estratos es, entonces, un aumento de salinidad no gradual a partir del primer mes del año hasta mayo. A partir de este mes, las concentraciones descienden en todas las estaciones y estratos hasta julio, aumentan al mes siguiente y descienden en agosto y aún más en octubre, mes que presentó los niveles más bajos en todas las estaciones durante todo el año. Octubre se reporta como el mes de mayor precipitación durante 1999. Es decir, las concentraciones más altas se presentaron en un mismo mes para todas las estaciones y las concentraciones más bajas se presentaron también en un mismo mes para todas las estaciones. Esto nos indica que no se presentó uniformidad de concentraciones de salinidad, pero sí uniformidad de comportamiento de las concentraciones de salinidad en las estaciones durante el año.

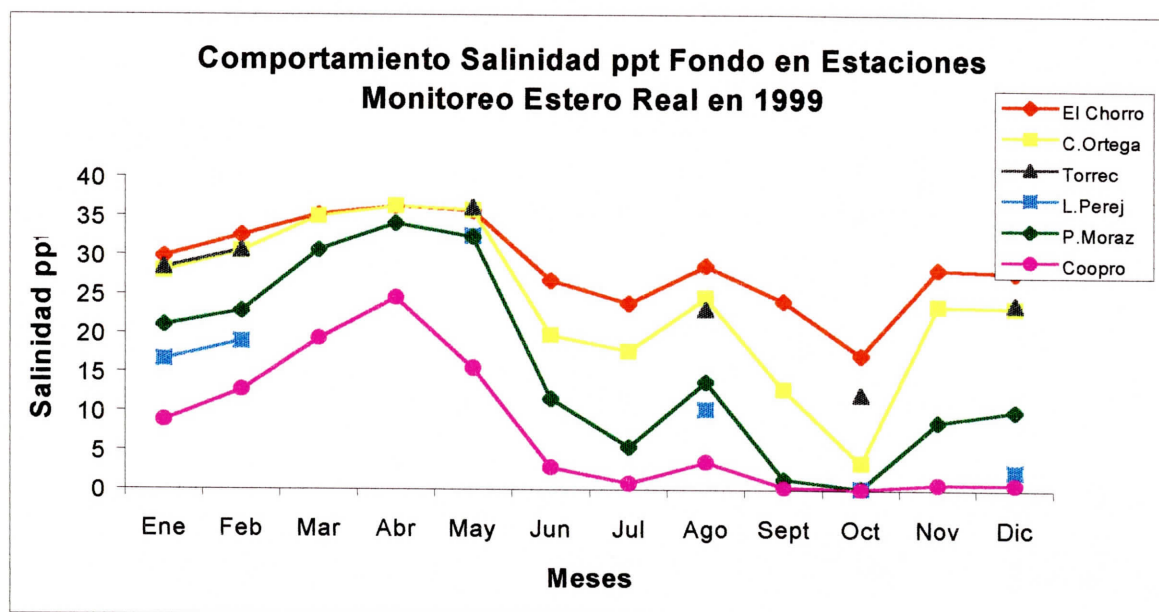
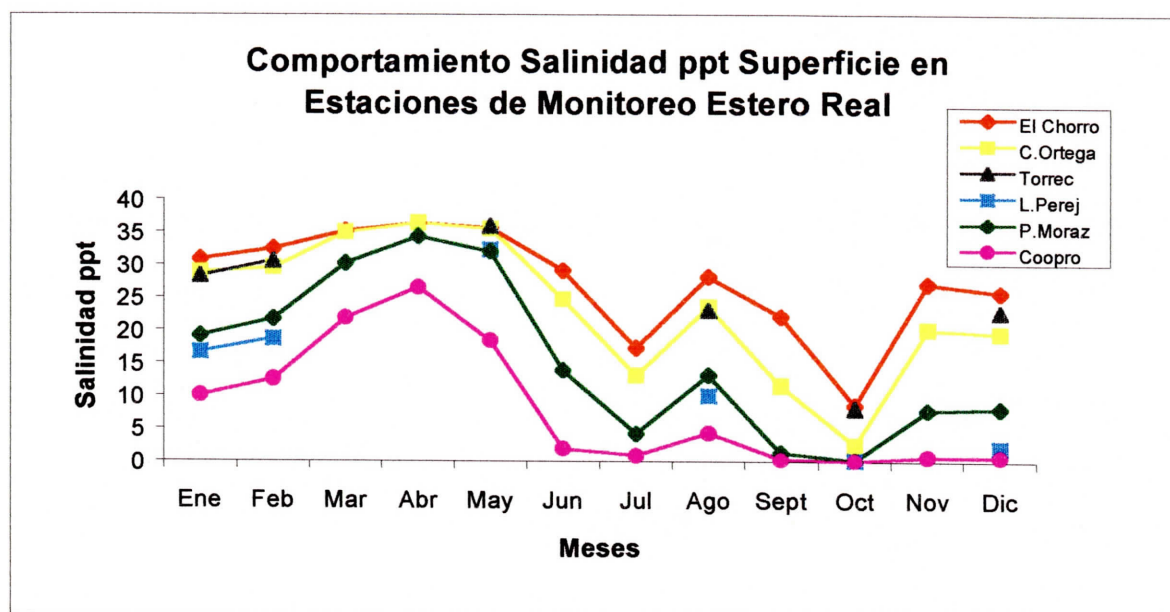
Datos de salinidad ppt de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año 1999**Salinidad ppt Superficie**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	30.8	28.8	28.3	16.6	19.1	10.0
Febrero	32.4	29.5	30.6	18.7	21.7	12.5
Marzo	35.1	34.9			30.2	21.8
Abril	36.3	36.3			34.3	26.5
Mayo	35.6	35.5	36.0	32.3	32.0	18.4
Junio	29.1	24.7			13.9	1.9
Julio	17.3	13.1			4.2	0.9
Agosto	28.2	23.6	23.1	10.0	13.2	4.3
Septiembre	22.1	11.5			1.3	0.3
Octubre	8.6	2.5	8.1	0.2	0.2	0.1
Noviembre	27.1	20.1			7.8	0.7
Diciembre	25.8	19.5	22.8	2.1	8.1	0.7

Salinidad ppt Fondo

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	29.8	27.9	28.4	16.6	21.0	8.8
Febrero	32.5	30.5	30.6	18.9	22.8	12.7
Marzo	35.1	34.9			30.6	19.3
Abril	36.2	36.2			34.0	24.5
Mayo	35.6	35.7	36.1	32.4	32.3	15.5
Junio	26.7	19.7			11.6	2.8
Julio	23.8	17.7			5.4	0.8
Agosto	28.6	24.5	23.1	10.3	13.8	3.5
Septiembre	24.1	12.8			1.3	0.3
Octubre	17.2	3.4	12.2	0.2	0.2	0.1
Noviembre	28.2	23.5			8.7	0.7
Diciembre	27.8	23.3	23.8	2.4	10.1	0.7

Gráficos salinidad ppt estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999



3.3 Oxígeno disuelto

La importancia biológica del O_2 en las aguas naturales se destaca en diferentes procesos como la respiración de animales y plantas (consumo) y en la fotosíntesis (producción). El O_2 frecuentemente es un factor que limita los sistemas de vida acuática, por lo que puede limitar la producción primaria y secundaria (Wheaton, 1982). Así también la concentración de O_2 influye en los niveles de actividad, teniendo niveles críticos y fatales para los organismos. Una baja concentración puede ser mortal y una alta concentración puede llevar a una sobresaturación y ocasionar la muerte por formación de burbujas de gas en la sangre y también puede repercutir en la fisiología del organismo originando trastornos que lo ponen en un estado de estrés. Por lo tanto, conocer las concentraciones de OD en el cuerpo de agua es necesario e importante, más si se cultivan organismos.

Las dos fuentes más importantes de O_2 son: plantas en las que ocurre fotosíntesis y la atmósfera. La atmósfera contiene aproximadamente 21% del O_2 . El contenido de oxígeno del agua saturada de aire es una función de la temperatura y de la salinidad. Se entiende que el agua fría puede contener mas oxígeno que el agua caliente, y que el agua salada contiene menos oxígeno que el agua dulce. Por lo tanto, al aumentar la salinidad o la temperatura del agua, disminuye el contenido de O_2 en saturación (Wheaton, 1982).

De acuerdo a la ley de Dalton, la presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones parciales de los gases individuales que constituyen la mezcla. La presión parcial de un gas en una mezcla es directamente proporcional al volumen porcentual de ese gas en la mezcla. La presión atmosférica a condiciones estándar - $0^\circ C$ y a nivel del mar - es 760 mm de Mercurio. El porcentaje de O_2 en el aire es de 0.20496, por eso la presión parcial del O_2 es

$$PO_2 = (760) (0.20496) = 159.2 \text{ mm Hg}$$

Si el aire está en contacto con el agua, el O_2 entrará al agua desde el aire hasta que la presión del O_2 en el agua sea igual a la presión del O_2 en el aire. Cuando las presiones del O_2 en el agua y en el aire son iguales, el movimiento neto del O_2 al aire cesa, y el O_2 se dice que esta en equilibrio o saturado.

Es más conveniente expresar la solubilidad del O_2 en miligramos de O_2 por litro de agua ($mg O_2 / L H_2O$) que la presión del OD. El OD es la variable de calidad de agua más crítica en acuicultura.

Rangos para el cultivo de camarón.

[OD]	EFEECTO
< 1-2 mg/L	Letal si la exposición dura más que unas pocas horas
2-5 mg/L	El crecimiento será lento si la exposición a bajo OD es continua
5 mg/L – Saturación	Mejor condición para un buen crecimiento
Sobresaturación	Puede ser perjudicial si las condiciones de sobresaturación se presentan a lo largo del volumen del estanque. Normalmente, no hay problema.

3.3.1 Análisis de resultados

El comportamiento del OD mostró fluctuaciones paralelas a lo largo de todo el año en ambos estratos. Al hacer una comparación de los estratos por estación, encontramos que se presenta un paralelismo en todas las estaciones, con leves fluctuaciones entre sí que nos indican que no existe mucha variabilidad en la columna de agua, indicando que no existe estratificación y que hay movimiento en la columna de agua.

En ambos estratos el OD incrementó en enero y descendió en marzo en todas las estaciones. A partir de marzo, el OD ascendió nuevamente hasta mayo y sólo en la estación de El Chorro continuó hasta junio. Este patrón se notó en ambos estratos para la estación antes mencionada. A partir de este pico, se inició un descenso escalonado hasta agosto en que se inició un ascenso que terminó con un punto máximo en febrero.

El punto más alto del año se presentó en la estación de El Chorro en febrero para ambos estratos con 6.95 mg/L en superficie y 6.51 mg/L en fondo. El punto más bajo en la superficie se presentó en la estación de Cooprocám en agosto con 0.5 mg/L.

Los puntos más bajos para todas las estaciones en superficie se presentaron en agosto en el Estero principal a excepción de la Estación de Cooprocám, que presentó los niveles más bajos en enero. Este hecho se correlaciona con la circunstancia de que agosto fue el mes más lluvioso del año.

Los afluentes de Torrecillas y Perejiles presentaron en enero los niveles más bajos en superficie y en fondo en octubre y enero respectivamente.

En resumen, se puede decir que la tendencia se presentó de esta forma: un pico en febrero, una baja en marzo, pico en mayo - junio al inicio de las lluvias, baja en agosto mes más lluvioso y termina con un pico en diciembre.

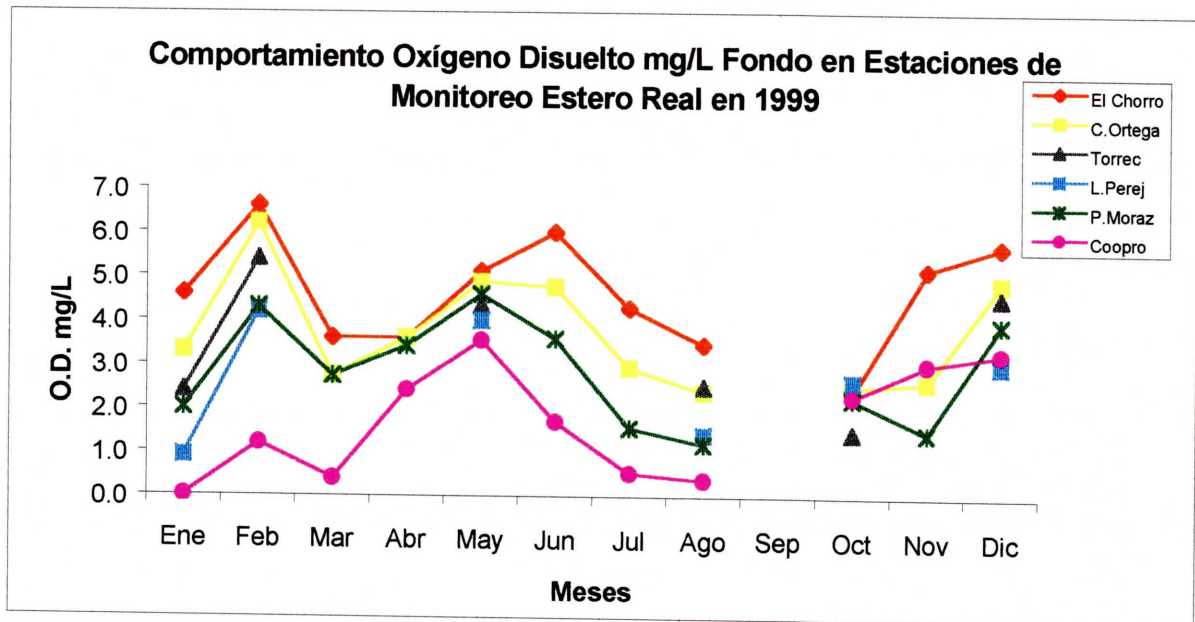
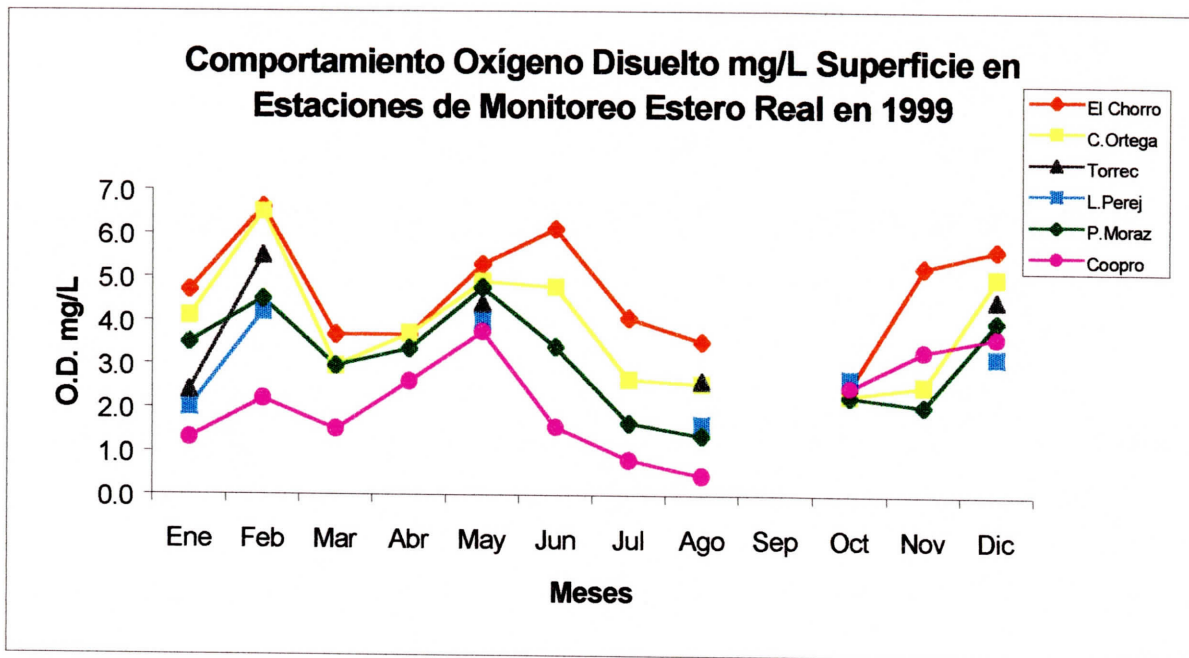
Así también se muestran niveles más altos en las estaciones más cercanas al Golfo y a medida que están más alejadas, por lo que los niveles más bajos en el Estero principal se muestran siempre en la Estación de Cooprocám. Los niveles de Oxígeno disuelto de los dos afluentes valorados mostraron niveles promedios de los obtenidos en el Estero principal. Sin embargo mostraron más lentitud en el ascenso después de agosto.

Datos de oxígeno disuelto mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999

Oxígeno Disuelto mg/L Superficie						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	4.7	4.1	2.4	2.0	3.5	1.3
Febrero	6.6	6.5	5.5	4.2	4.5	2.2
Marzo	3.67	2.95			2.96	1.50
Abril	3.67	3.70			3.35	2.60
Mayo	5.30	4.90	4.40	4.00	4.76	3.75
Junio	6.11	4.77			3.40	1.56
Julio	4.06	2.65			1.65	0.81
Agosto	3.52	2.55	2.62	1.63	1.37	0.45
Septiembre						
Octubre	2.50	2.30	2.60	2.69	2.27	2.48
Noviembre	5.24	2.52			2.06	3.31
Diciembre	5.64	5	4.49	3.18	4.0	3.64

Oxígeno Disuelto mg/L Fondo						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	4.6	3.3	2.4	0.9	2.0	0.0
Febrero	6.6	6.2	5.4	4.2	4.3	1.2
Marzo	3.60	2.74			2.73	0.40
Abril	3.60	3.60			3.41	2.41
Mayo	5.12	4.89	4.34	4.00	4.60	3.55
Junio	6.00	4.77			3.58	1.70
Julio	4.29	2.92			1.56	0.53
Agosto	3.46	2.38	2.51	1.41	1.20	0.38
Septiembre						
Octubre	2.37	2.50	1.46	2.64	2.25	2.28
Noviembre	5.18	2.62			1.46	3.03
Diciembre	5.70	4.87	4.55	3.0	3.94	3.27

Gráficos O. D. mg/L Estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999



3.4 pH

El pH se define como el logaritmo negativo de la actividad del ion de hidrógeno. La actividad iónica es la concentración termodinámica de un ion:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

El pH es una medida de la concentración del ion de hidrógeno, e indicador de si el agua es ácida o básica. Para propósitos prácticos, un agua con pH de 7 es considerada neutra. Cuando un pH está debajo de 7, el agua se considera ácida, y con un pH arriba de 7 se considera básica. La escala pH se extiende de 0 a 14.

Los niveles de concentración de pH están estrechamente ligados a las producciones de los sistemas acuáticos, ya que el pH puede determinar una baja o alta producción, o bien puede causar efectos tóxicos y originar la muerte. Así también algunos procesos biológicos pueden ser afectados, como la reproducción. En el cultivo del camarón es una variable a considerar debido a que afecta el metabolismo y otros procesos fisiológicos de los camarones.

Rangos para el cultivo de camarón

pH	EFEECTO
4	Punto de muerte ácida
4 – 5	No reproducción
4 – 6	Crecimiento lento
6 – 9	Punto óptimo de crecimiento
9 – 11	Punto de muerte básica

Los cambios del pH del agua están principalmente influenciados por el dióxido de carbono (CO_2) y los iones que se encuentran en equilibrio con él, por lo que el pH tiene mucha relación con el CO_2 . El dióxido de carbono se encuentra en el agua en cuatro formas: como gas libre (CO_2), ácido carbónico (H_2CO_3), como radical carbónico (HCO_3^-) y como radical carbonato (CO_3^{2-}).

El dióxido de carbono actúa con el agua para formar un sistema natural de amortiguamiento que da lugar a un ambiente de un pH relativamente constante, y es importante para procesos biológicos como la fotosíntesis y la respiración. El dióxido de carbono está continuamente siendo incorporado a las aguas por el proceso de respiración de animales y plantas, descomposición bacteriológica y descomposición química.

Villalón (1991) menciona que las oscilaciones de pH en un cuerpo de agua están directamente relacionadas con la actividad fotosintética del fitoplancton. El dióxido de carbono es requerido durante la fotosíntesis y se produce durante la respiración. Alcanza su valor máximo antes del amanecer y su valor mínimo cuando la fotosíntesis es intensa. El consumo de CO_2 durante la fotosíntesis provoca que el pH alcance su valor máximo durante la tarde y, por el contrario, la acumulación de CO_2 durante la noche provoca que el pH alcance su más bajo valor antes del amanecer. Por lo tanto, el pH debe ser medido antes del amanecer y en la tarde. El mantenimiento de los niveles óptimos de pH para el camarón es de vital importancia en los cultivos.

3.4.1 Análisis de resultados

Las fluctuaciones del pH entre estratos no presentaron una variación significativa. Más bien se puede decir que existe uniformidad del pH a lo largo del cuerpo de agua del Estero Real: en las estaciones muestreadas, las variaciones oscilaron entre 7.05 y 8.10. Esta variación 1.0 unidad de pH, no es significativa, sino normal e indican que las aguas de las cuales se sirven las camaroneras gozan de un nivel óptimo para el cultivo del camarón.

El comportamiento del pH en todas las estaciones a lo largo del año pasa de un plano alcalino a un plano neutro, ya que los niveles decayeron durante el año. El nivel alcalino más alto alcanzado por todas las estaciones se presentó en febrero. Es interesante señalarlo, puesto que a partir de este punto, empiezan a decaer los niveles del pH en todas las estaciones, cuando en el mes anterior, enero, los niveles en todas las estaciones se presentaron menos alcalinos que en febrero. Esto no significa que a lo largo del año, los niveles solamente decayeron: hubo meses en que se presentaron alzas relativas respecto del mes anterior, pero siempre más bajos que los niveles alcanzados en febrero. Este patrón se presentó para todas las estaciones. Es importante destacar que este comportamiento se presentó para ambos estratos, confirmando que existe una uniformidad en la columna de agua de las estaciones.

El nivel de pH en el estrato superficie más alto alcanzado durante el año se presentó en la estación de El Chorro con 8.30 - un pH alcalino -, y el más bajo nivel en este mismo estrato se presentó en la estación de Puerto Morazán con 7.12, es decir un pH casi neutro. El nivel de pH en el estrato fondo más alto alcanzado durante el año se presentó en tres estaciones: El Chorro, Camilo Ortega y Los Perejiles. En las tres estaciones el pH fue de 8.10. La variación entre los estratos superficie y fondo en la estación de El Chorro fue de 0.2 unidad de pH, nada significativo, que indica la uniformidad de la columna, sin estratificación.

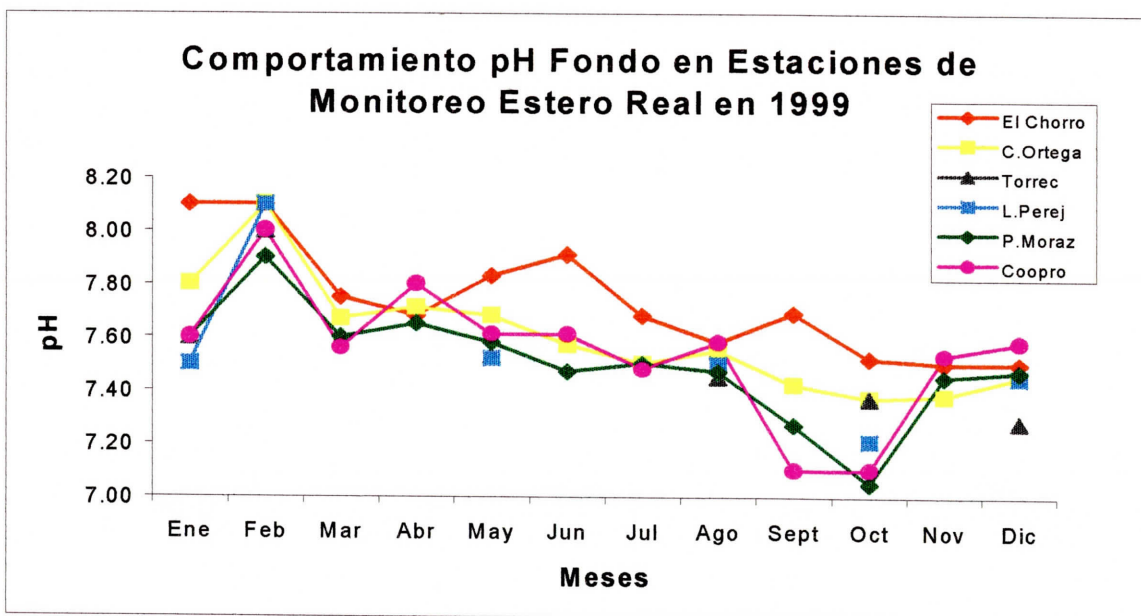
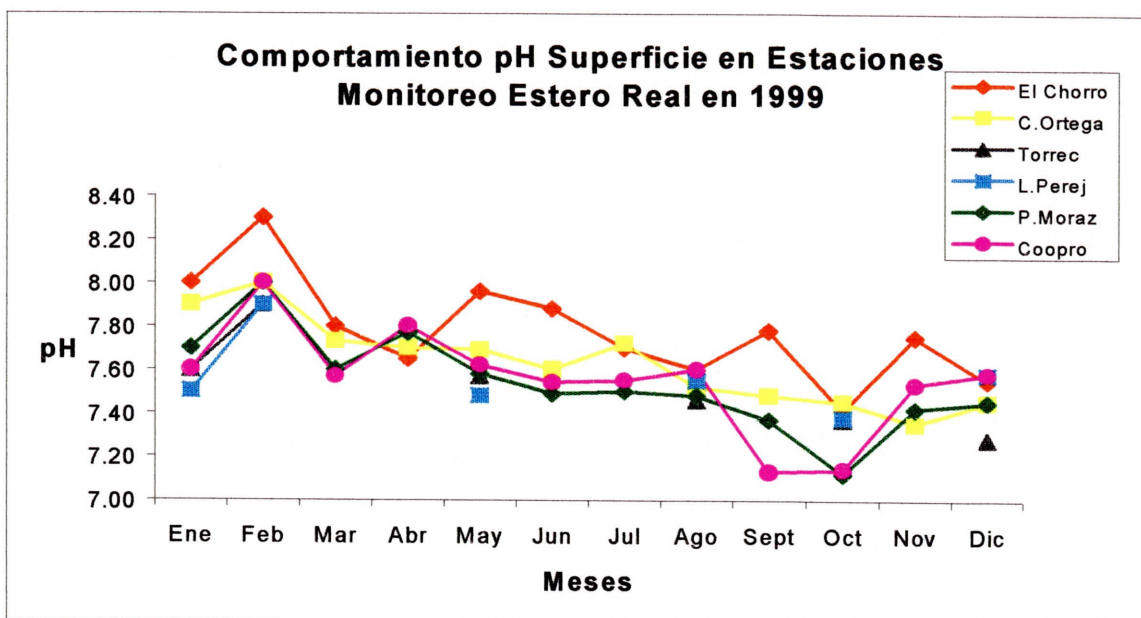
El nivel de pH más bajo obtenido se presentó en todas las estaciones, salvo Torrecillas, en octubre. Este comportamiento coincidió para ambos estratos. Es a partir de octubre que el pH se torna más alcalino para los dos últimos meses del año en todas las estaciones, con la excepción de Torrecillas, que se torna más neutro y la estación El Chorro, que en noviembre se torna mas alcalino, y en el siguiente mes más neutro.

Datos de pH de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999

pH Superficie						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	8.00	7.90	7.60	7.50	7.70	7.60
Febrero	8.30	8.00	7.90	7.90	8.00	8.00
Marzo	7.80	7.73			7.60	7.57
Abril	7.65	7.70			7.77	7.80
Mayo	7.96	7.69	7.57	7.48	7.58	7.62
Junio	7.88	7.60			7.49	7.54
Julio	7.70	7.72			7.50	7.55
Agosto	7.60	7.52	7.46	7.55	7.48	7.60
Septiembre	7.78	7.48			7.37	7.13
Octubre	7.41	7.45	7.37	7.38	7.12	7.14
Noviembre	7.75	7.35			7.42	7.53
Diciembre	7.55	7.45	7.28	7.58	7.45	7.58

pH Fondo						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	8.10	7.80	7.60	7.50	7.60	7.60
Febrero	8.10	8.10	8.00	8.10	7.90	8.00
Marzo	7.75	7.67			7.60	7.56
Abril	7.68	7.71			7.65	7.80
Mayo	7.83	7.68	7.53	7.52	7.58	7.61
Junio	7.91	7.57			7.47	7.61
Julio	7.68	7.50			7.50	7.48
Agosto	7.58	7.55	7.45	7.50	7.47	7.58
Septiembre	7.69	7.42			7.27	7.10
Octubre	7.52	7.37	7.37	7.21	7.05	7.10
Noviembre	7.50	7.38			7.45	7.53
Diciembre	7.50	7.45	7.28	7.45	7.47	7.58

Gráficos pH estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999



3.5 Turbidez

El término turbidez se refiere a todo el material que se encuentra en suspensión en la columna de agua y que en alta densidad, puede interferir con el paso de la luz solar. En cuerpos de agua, la turbidez que resulta de una concentración adecuada de organismos fitoplanctónicos es deseable, pues éstos juegan un papel importante en el ciclo biológico del ecosistema. Sin embargo, en algunos cuerpos de agua con partículas de arcilla en suspensión o de detritos se produce una turbidez no deseada.

A medida que la visibilidad del disco Secchi disminuye de 30 centímetros, se presenta un aumento en la frecuencia de problemas de escasez de O₂ disuelto; cuando los valores de disco Secchi aumentan por encima de 30 centímetros, la luz penetra a profundidad deseable, fomentando el crecimiento de algas en el fondo del estanque.

Un aumento de la turbidez puede resultar de las partículas coloidales de arcillas que entran por escorrentía, material coloidal orgánico originado por la vegetación que se descompone o de la abundancia del plancton.

La presencia de partículas en suspensión reduce en parte la actividad fotosintética, haciendo descender la productividad de las aguas. Además de su efecto sobre la fotosíntesis, las partículas de arcilla y sedimentos finos o arenillas destruyen los huevos de los nidos de los peces y algunos organismos importantes en su dieta.

Dependiendo de la concentración de algas, de la suspensión arcilla en el agua y de la hora, el agua presenta diferentes colores indicativos del estado del cuerpo de agua, lo que junto con otros parámetros ayuda a definir criterios de medidas correctivas.

RELACIÓN ENTRE LAS CONDICIONES DE FLORECIMIENTO DE ALGAS Y LAS LECTURAS DE VISIBILIDAD DEL DISCO SECCHI

Lecturas de Disco cm.	Comentarios
Menos de 20 cm	Estanque muy turbio. Si el estanque está muy turbio habrá problemas con las concentraciones de Oxígeno Disuelto. Cuando la turbidez es por partículas de suelo en suspensión, la productividad será baja
20 – 30 cm.	La turbidez empieza ser excesiva
30 – 45 cm.	Si la turbidez es por presencia de fitoplancton, el estanque está en buenas condiciones
45 – 60 cm.	El fitoplancton comienza a ser escaso
> 60 cm.	El agua está muy clara. La productividad es inadecuada

3.5.1 Análisis de resultados

El Estero Real, en todas las estaciones del Estero Madre presentó la mayor transparencia en junio; sin embargo, el afluente Torrecillas presentó la mayor transparencia en octubre y Los Perejiles, en mayo.

La mayor transparencia durante el año se presentó en la Estación Camilo Ortega con 100 centímetros. El punto de menor transparencia se presentó en la estación de Cooprocarn con 5.0 centímetros en los meses de abril y mayo, agosto y septiembre.

Todas las estaciones mostraron niveles menores de transparencia en los primeros cuatro meses del año, aumentando en mayo y junio, momento del año de mayor transparencia. A partir de julio la transparencia vuelve a disminuir, aumentando en septiembre y en octubre alcanza gran visibilidad, volviendo a disminuir en noviembre.

Esta variabilidad durante el año se presentó de forma menos acentuada a medida que la estación se distancia del Golfo y la visibilidad disminuye. Copromar fue la que mostró menos variabilidad durante el año, lo que se explica porque es la estación que se encuentra más alejada del Golfo y el recambio de agua no es tan continuo como en las estaciones más cercanas y presenta un alto nivel de turbidez.

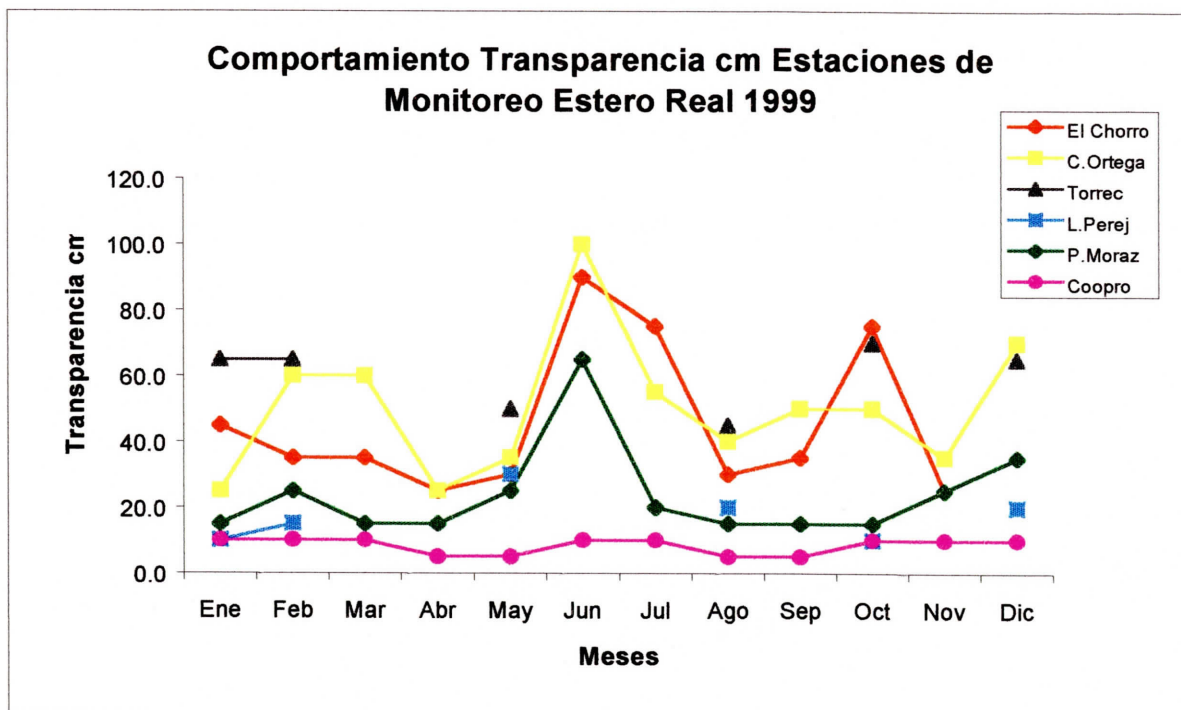
Este aumento de la turbidez puede resultar de las partículas coloidales de arcillas que entran por escorrentía y material coloidal orgánico originado por la vegetación que se descompone. La turbidez por materiales orgánicos puede causar que el H₂O tome colores café o té - el caso de la estación de Cooprocám - produciéndose áreas de transparencia mínimas.

Las dos estaciones más cercanas al Golfo - El Chorro y Camilo Ortega - del Estero Madre presentaron mayor variabilidad a lo largo del año. Sus picos se presentaron en junio: El Chorro 90.0 centímetros y Camilo Ortega 100.0. Estos fueron los valores más altos presentados durante todo el año. La estación de Puerto Morazán no mostró gran variabilidad. De la misma forma presentó su pico en junio como en las dos estaciones anteriores. Los afluentes de Torrecillas y Los Perejiles presentaron sus niveles más bajos en agosto y enero, respectivamente.

En resumen, podemos decir que los niveles se presentan más altos en las estaciones más cercanas al Golfo y los niveles descienden a medida que están más alejadas. Los dos afluentes valorados mostraron niveles promedios de los obtenidos en el Estero Principal. Las estaciones internas, además de presentar niveles más bajos de transparencia, también presentaron menos variabilidad durante el año.

Datos de transparencia cm de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999**Transparencia cm.**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocarn
Enero	45.0	25.0	65.0	10.0	15.0	10.0
Febrero	35.0	60.0	65.0	15.0	25.0	10.0
Marzo	35.0	60.0			15.0	10.0
Abril	25.0	25.0			15.0	5.0
Mayo	30.0	35.0	50.0	30.0	25.0	5.0
Junio	90.0	100.0			65.0	10.0
Julio	75.0	55.0			20.0	10.0
Agosto	30.0	40.0	45.0	20.0	15.0	5.0
Septiembre	35.0	50.0			15.0	5.0
Octubre	75.0	50.0	70.0	10.0	15.0	10.0
Noviembre	25.0	35.0			25.0	10.0
Diciembre	35.0	70.0	65.0	20.0	35.0	10.0

Gráficos transparencia (cm.) por estaciones Monitoreo Estero Real, Año1999

3.6 Conductividad

La conductividad o la conducción específica de un agua natural es una medida de su habilidad para transmitir una corriente eléctrica. Diferentes iones varían en su habilidad para conducir electricidad, pero en general, cuanto mayor es la concentración de iones en un cuerpo de agua natural, mayor es la conductividad. La unidad de conductividad es microohms por centímetro. El agua destilada generalmente tiene una conductividad de cerca 1 $\mu\text{ohm} / \text{cm}$, mientras que el agua dulce normalmente presenta conductividades de 20 a 1500 $\mu\text{ohm} / \text{cm}$.

En cuerpos de agua salobre, el principio de conductividad se puede usar para obtener valores confiables de salinidad o del total de sólidos disueltos, ya que la mayor contribución de iones en agua salobre viene del agua de mar. El agua de mar se ha diluido por el agua dulce de estuarios, pero el agua dulce no ha contribuido a una larga concentración de iones.

El agua de mar tiene una constante proporción de iones, y cuando se diluye por el agua dulce del complejo estuarino, las proporciones iónicas cambian un poco. Por ello, la conductividad cambia en directa proporción a la salinidad. En las aguas subterráneas, las proporciones de diferentes iones varían grandemente con los factores climáticos y edáficos (porosidad, estructura del suelo). Los iones varían en sus habilidades de conducir electricidad, así que las conductividades de aguas subterráneas con las mismas concentraciones de salinidad pueden variar considerablemente si las proporcionalidades difieren entre los cuerpos de agua (Boyd, 1991).

Algunos medidores que dan una lectura directa de salinidad o el total de sólidos disueltos se basan en la relación entre la conducción específica y la salinidad, o el total de sólidos disueltos en agua salobre. De ellos no se puede esperar que provean unos valores precisos o exactos de salinidad o sólidos totales disueltos. Sin embargo, si datos sobre salinidad o sólidos totales disueltos y conducción específica están disponibles para un área particular de aguas subterráneas, se pueden elaborar ecuaciones de regresión o gráficos que permitirán calcular valores precisos de salinidad o sólidos totales disueltos de conducción específica (Hem, 1970).

3.6.1 Análisis de resultados

El comportamiento de la conductividad eléctrica o conducción específica es proporcionalmente directo al comportamiento de la concentración de salinidad en cuerpos de agua naturales.

Esta aseveración se confirmó en el complejo estuarino del Estero Real cuando los gráficos de conductividad y salinidad presentaron curvas similares en ambos estratos. La tendencia de las curvas ha sido la misma presentada en la curva de salinidad para todo el año. Es decir, en los primeros meses del año, en ambos estratos se observó con los niveles de conductividad un aumento no gradual a partir de enero hasta abril. A partir de este mes, los niveles de conductividad continúan su aumento hasta mayo, exceptuando las estaciones de Puerto Morazán y Cooprocám que bajan sus niveles a partir de abril. A partir de mayo, en

todas las estaciones y en ambos estratos se presenta un descenso en los niveles de conductividad (como se presentó en las concentraciones de salinidad durante este mes) hasta julio, aumentan al mes siguiente y descienden en septiembre y aún mas en octubre (sólo en el estrato superficie, ya que los niveles más bajos en el estrato fondo en todas las estaciones se presentaron en septiembre). A partir de septiembre (fondo) y octubre (superficie) los niveles aumentaron en proporción directa con la salinidad.

La conductividad más alta en el estrato superficie y en el estrato fondo se presentó en la misma estación Torrecillas con $56.8 \mu\text{S} / \text{cm}$ y $57.2 \mu\text{S} / \text{cm}$. Ambos datos se presentaron en mayo. El nivel de conductividad más bajo se presentó en la estación de Cooprocám en ambos estratos en octubre, con $0.167 \mu\text{S} / \text{cm}$ (superficie) y $0.300 \mu\text{S} / \text{cm}$.

Se debe resaltar que el comportamiento de los niveles de conductividad tomados en las tres primeras estaciones del estrato superficie (más cerca de la boca del Estero Real: El Chorro, Camilo Ortega y Torrecillas) presentaron, como en el caso de las concentraciones de salinidad, los valores más altos durante todo el año.

En el estrato fondo se presentó el mismo comportamiento: las tres primeras estaciones presentaron durante el año los más altos niveles de conductividad en todas las estaciones. Mayo fue el mes que presentó los más altos niveles de conductividad por estaciones. Esto nos indica que las estaciones no sufrieron una estratificación de conductividad y que las estaciones mantuvieron uniformidad de niveles a lo largo de la columna de agua. Además, este comportamiento similar entre los niveles de conductividad y las concentraciones de salinidad con respecto a puntos altos y bajos durante el año confirma que la conductividad es directamente proporcional a la salinidad.

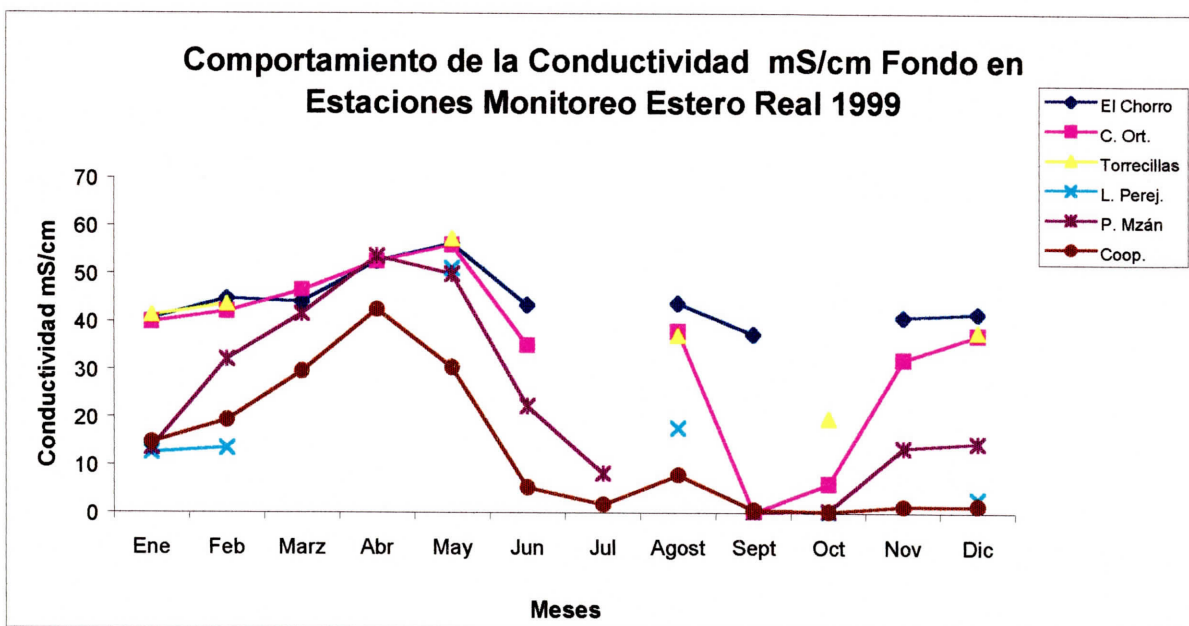
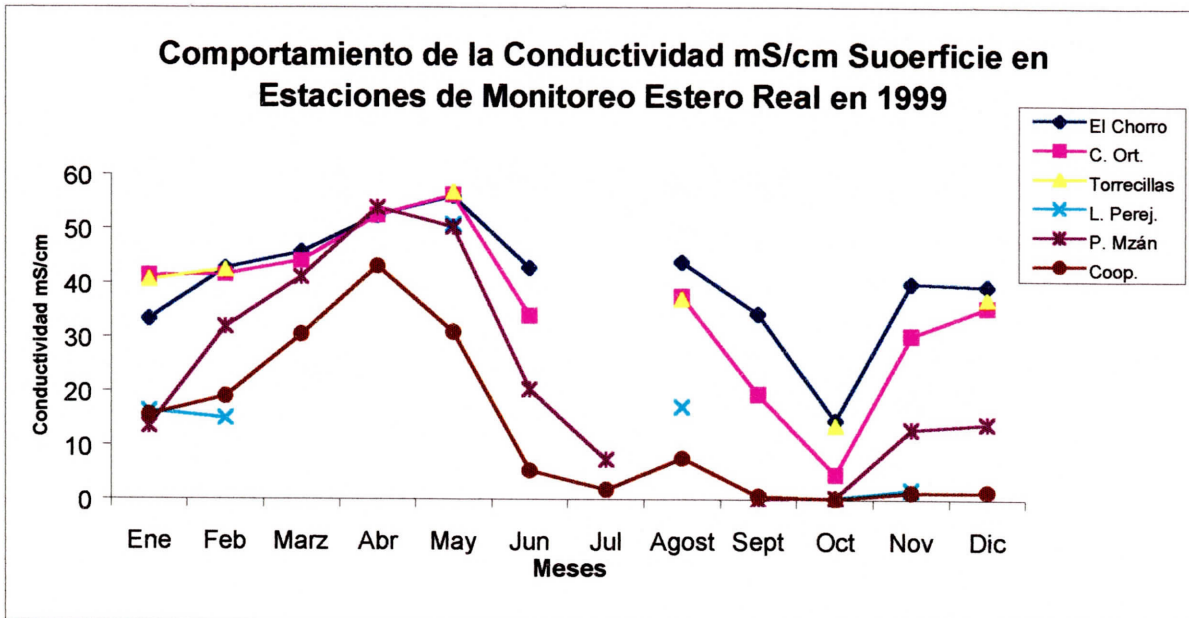
Datos de conductividad de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año 1999**Conductividad mS/cm Superficie**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	33.3	41.3	40.6	16.3	13.5	15.6
Febrero	42.7	41.5	42.4	15	31.9	19.0
Marzo	45.7	44.1			41.1	30.5
Abril	52.5	52.5			54.0	43.1
Mayo	56.1	56.3	56.8	50.9	50.4	30.9
Junio	42.8	33.9			20.4	5.4
Julio					7.4	1.83
Agosto	43.9	37.5	37.0	17.15		7.63
Septiembre	34.3	19.4			0.00	0.632
Octubre	14.64	4.68	13.75	0.352	0.394	0.167
Noviembre	39.9	30.3			13.0	1.37
Diciembre	39.4	35.5	37.10	1.84	14.0	1.48

Conductividad mS/cm Fondo

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	40.7	39.9	41.2	12.6	13.6	14.7
Febrero	44.8	42.1	43.6	13.5	32.1	19.4
Marzo	44.1	46.5			41.6	29.6
Abril	52.6	52.6			53.7	42.5
Mayo	56.3	56.0	57.2	51.1	49.9	30.4
Junio	43.4	35.0			22.3	5.3
Julio					8.2	1.75
Agosto	43.8	37.9	37.0	17.68		7.90
Septiembre	37.3	0.0			0.00	0.607
Octubre		6.12	19.70	0.355	0.4	0.300
Noviembre	40.8	31.9			13.5	1.33
Diciembre	41.6	37.1	37.68	2.89	14.5	1.49

Gráficos conductividad estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999



3.7 Alcalinidad total

La concentración total de bases titulables en el agua expresados como equivalente de carbonato de calcio se refiere como la alcalinidad total. Bicarbonato, carbonato, amonio, hidróxido, fosfato, silicato y otros ácidos orgánicos reaccionan para neutralizar iones de hidrógeno, así que estas sustancias todas son bases y contribuyen a la alcalinidad del agua. Sin embargo, en aguas utilizadas para acuicultura, el bicarbonato, el carbonato o ambos usualmente son responsables de toda la alcalinidad medida (Boyd, 1991).

La alcalinidad se puede dividir en alcalinidad de bicarbonato, alcalinidad de carbonato, y en algunas aguas, alcalinidad de hidróxido. Los niveles de alcalinidad total pueden oscilar de menos de cinco mg/L hasta más de 500 mg/L. Moyle (1956) y Mairs (1966) demostraron que aguas con alta alcalinidad total están asociadas con depósitos de piedra caliza en suelos adyacentes.

Asimismo, Boyd (1991) indica que la alcalinidad total se deriva de la disolución de piedra caliza en suelos, así que la concentración de alcalinidad total se determina principalmente por las características del suelo. Por ejemplo, cuerpos de agua en áreas con suelos arenosos a menudo tienen alcalinidades totales menores de 20 mg/L, mientras que cuerpos de agua en áreas con suelos calcáreos pueden tener alcalinidades totales sobre 100 mg/L. La alcalinidad total deberá ser mayor en cuerpos de agua en regiones áridas que en los de regiones húmedas, ya que la evaporación excesiva concentra iones en el agua (Livingstone, 1963).

Aguas naturales que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total como equivalente de carbonato de calcio son consideradas para propósitos biológicos como aguas duras, mientras que aguas con menores concentraciones de alcalinidad se denominan aguas suaves (Moyle, 1945; Mairs, 1966). Los términos aguas duras y aguas suaves a menudo son utilizados por limnólogos al referirse a aguas de alta y baja alcalinidad, respectivamente. Sin embargo, el uso de estos términos suave y duro es impropio ya que la dureza se relaciona con concentraciones de tierras alcalinas. Una agua dura no necesariamente tiene una alta alcalinidad y viceversa (Boyd, 1990).

La concentración total de todos los cationes bivalentes en el agua expresada en miligramos por litro de carbonato de calcio es la dureza total. Calcio (Ca) y magnesio (Mg) son los cationes bivalentes dominantes en casi todos los estanques. Como regla general, la dureza y la alcalinidad se derivan de la disolución de piedra caliza. Cuando la piedra caliza se disuelve, expresa cantidades iguales de dureza y alcalinidad. En muchos cuerpos de agua, las concentraciones de dureza total y de alcalinidad total son aproximadamente iguales (Mairs, 1966). El agua de mar tiene una alcalinidad total de 116 mg/L.

Si la alcalinidad total y la dureza total son iguales, se puede pensar que el calcio y el magnesio están asociados enteramente con bicarbonato y carbonato. Cuando la alcalinidad total de una muestra de agua excede su dureza total, una fracción del bicarbonato y carbonato se asocia con potasio y sodio en vez de sólo con calcio y magnesio. De la misma forma, si la dureza total es mayor que la alcalinidad total, una fracción del calcio y del

magnesio se asocia con sulfato, cloruro, silicato o nitrato en vez de solamente con bicarbonato y carbonato.

3.7.1 Análisis de resultados

La concentración de bases en las muestras de agua del Estero Real presentaron niveles similares tanto en el estrato superficie como en el estrato fondo a lo largo del año. Asimismo, las curvas del gráfico reflejan un comportamiento pseudo paralelo mes a mes en todas las estaciones. Sin embargo, se observa un interesante patrón de comportamiento en ambos estratos: las tres últimas estaciones del monitoreo (Los Perejiles, Puerto Morazán y Cooprocám) presentan los niveles de alcalinidad total más alto a lo largo del complejo estuarino. De la misma forma, las tres primeras estaciones muestreadas (El Chorro, Torrecillas y Camilo Ortega) presentaron los niveles más bajos en ambos estratos a lo largo del año.

Las concentraciones de alcalinidad total más altas en todas las estaciones y en ambos estratos se presentaron en los dos primeros meses del año. El comportamiento contrario se presentó en octubre, cuando en todas las estaciones se observó el nivel de alcalinidad total más bajo del año.

En enero y mayo, la estación de Cooprocám presentó en el estrato superficie la concentración más alta de alcalinidad total con 251.2 mg/L y 251.5 mg/L, respectivamente. La concentración más baja de alcalinidad total en el estrato superficie se presentó en octubre en las estaciones de Puerto Morazán y Cooprocám con 79.7 mg/L y 78.7 mg/L, respectivamente. Se debe resaltar que octubre presentó los niveles más bajos para todas las estaciones en el estrato superficie con una variación promedio de 4.3 mg/L.

La tendencia que se observa es que en los primeros meses del año, la alcalinidad total presenta niveles más altos que los que se observa al final del año. Se observa además un descenso gradual a lo largo del año, con algunas excepciones de nombrar: La estación Camilo Ortega presentó en marzo un incremento considerable en el estrato fondo. De la misma forma, se presentó un incremento en la estación Cooprocám en mayo en ambos estratos, que fue seguido de un descenso hasta julio, para luego sufrir un incremento en el nivel de concentración de alcalinidad total, que contrasta con la caída de los niveles de concentración de la alcalinidad en todas las estaciones y estratos.

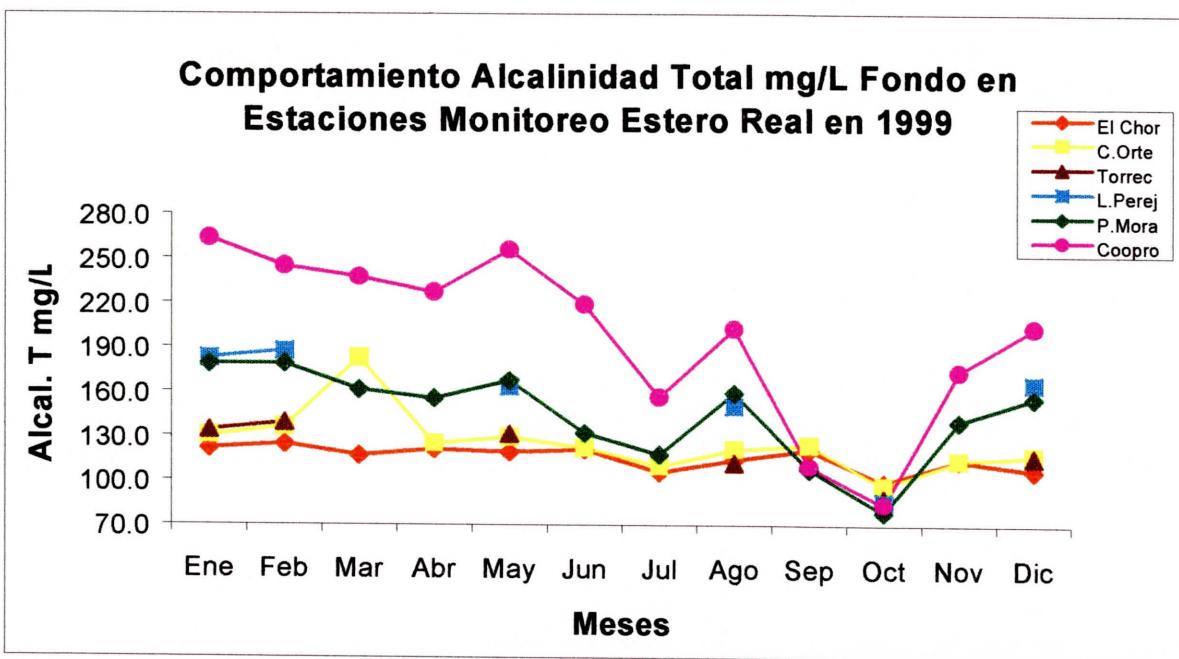
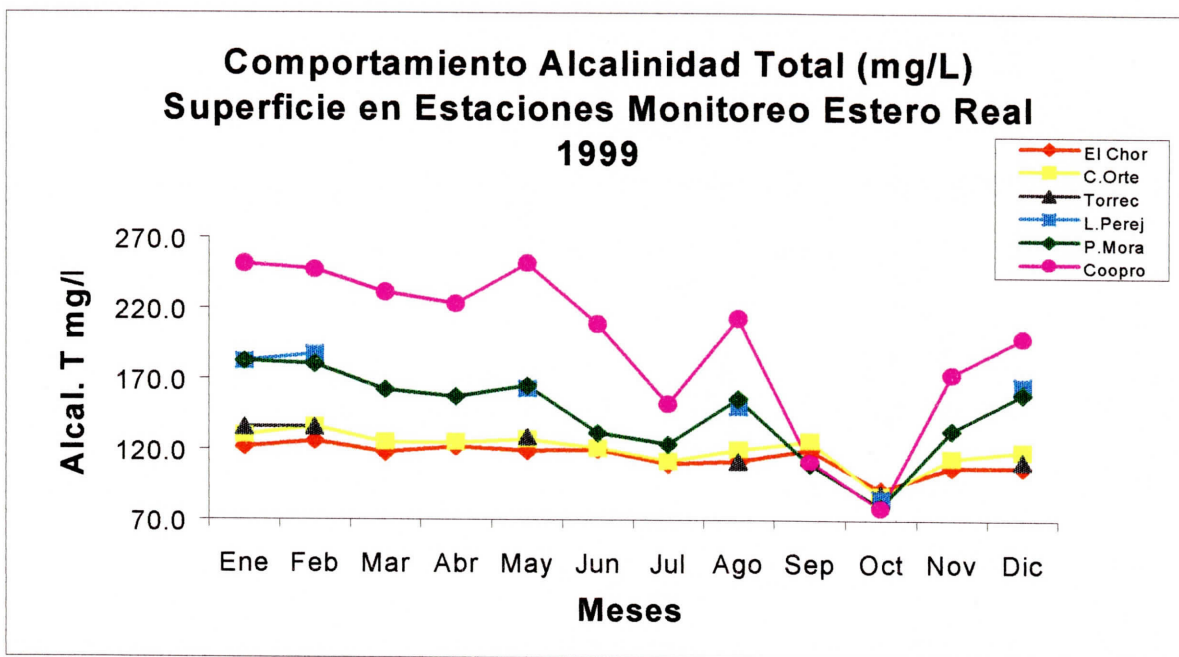
Datos de alcalinidad total mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año 1999**Alcalinidad T mg/L Superficie**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	121.5	129.6	135.7	182.3	182.3	251.2
Febrero	125.6	135.7	135.7	187.2	180.3	247.1
Marzo	117.5	124.6			162.0	230.9
Abril	121.5	124.6			157.0	222.8
Mayo	118.7	126.8	128.8	163.0	165.0	251.5
Junio	119.5	120.5			131.7	208.6
Julio	109.4	111.4			123.6	151.9
Agosto	111.4	119.5	111.4	149.9	156.0	212.7
Septiembre	119.5	125.6			109.4	111.4
Octubre	91.7	87.7	88.7	85.7	79.7	78.7
Noviembre	107.6	113.6			133.6	173.4
Diciembre	107.6	118.6	111.6	165.4	159.4	199.2

Alcalinidad T mg/L Fondo

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	121.0	129.6	133.7	182.3	178.2	263.3
Febrero	124.0	135.7	138.5	187.2	178.6	244.3
Marzo	116.5	182.3			161.0	237.0
Abril	120.5	124.6			154.9	226.8
Mayo	118.7	128.8	130.8	163	167.0	255.5
Junio	120.5	121.5			131.7	218.7
Julio	105.3	109.4			117.5	156.0
Agosto	113.4	120.5	111.4	149.9	159.0	202.5
Septiembre	120.5	123.6			107.3	109.4
Octubre	98.63	96.64	87.67	85.68	78.7	83.69
Noviembre	113.6	113.6			139.5	173.4
Diciembre	106.6	116.6	115.6	165.4	155.4	203.2

Gráficos Alcalinidad Total (mg/L) estratos superficie - fondo
Monitoreo Estero Real, Año 1999



3.8 Demanda química y bioquímica del oxígeno

En el proceso de la descomposición aeróbica de sustancias orgánicas, la cantidad de oxígeno consumido por bacteria se correlaciona íntimamente con la cantidad de sustancias orgánicas. Por eso, la cantidad de sustancias orgánicas puede ser estimada al medir el consumo de la cantidad de oxígeno en el proceso de descomposición aeróbica.

Esta es una medida de la velocidad del consumo de oxígeno por el plancton y bacterias en una muestra de agua. Una muestra de agua o agua diluida se guarda a oscuras por cinco días a 20 °C. La pérdida del oxígeno disuelto del agua durante este período es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). En acuicultura típicamente se encuentran valores de cinco a 20 mg/L. Cuanto más alto es el nivel DBO, más grande es el grado de enriquecimiento del agua con la materia orgánica. Los valores de DBO expresan la cantidad de consumo potencial de oxígeno. La importancia de la determinación de este parámetro estriba en que es un indicador de materia orgánica.

La demanda química de oxígeno (DQO) se mide al convertir toda la materia orgánica en una muestra de agua a dióxido de carbono y agua por la oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico. La cantidad de dicromato de potasio consumida en la oxidación es equivalente a la cantidad de oxígeno que se requiere para degradar completamente la materia orgánica. El DQO se expresa en miligramos de oxígeno por litro. El DQO se utiliza en acuicultura principalmente como un índice de las concentraciones de materia orgánica. El DQO puede estar en un rango de 10 a 200 mg/L. El rango usual es de 40 a 80 mg/L. El DBO y DQO no son de mucho uso en el manejo de estanques en acuicultura, pero son usualmente utilizados para estimar la fuerza de polución de afluentes (Boyd, 1991).

3.8.1 Análisis de resultados

El comportamiento del DBO y el comportamiento del DQO van relacionados entre sí, ya que ambos se refieren a la demanda de oxígeno en procesos biológicos y en procesos químicos. De acuerdo con los datos obtenidos durante el año, los rangos del DQO oscilaron en el nivel usual al que se podría encontrar. El DQO superficial alcanzó su nivel más alto en estación de Cooprocám en diciembre con 75.9 mg/L, y esta estación fue la que se distanció más de las otras estaciones. En ese mismo mes, todas las estaciones presentaron datos 5.0 – 16.0 mg/L una variabilidad de 10 unidades. Esto es significativo, ya que nos indica la alta concentración de materia orgánica y alta cantidad de oxígeno que se necesita para degradar completamente la materia orgánica en esta estación. El nivel de DQO más bajo durante el año se presentó en la estación Camilo Ortega en agosto con 4.4 mg/L.

En febrero, ambos estratos en todas las estaciones, con excepción de Puerto Morazán (superficie) presentaron niveles muy similares que variaron entre 20 – 30 mg/L. La estación de Puerto Morazán alcanzó un nivel de concentración de DQO de ca. 50.0 mg/L, el doble que las estaciones Camilo Ortega y Torrecillas. Una vez más, se presentaron niveles similares en marzo, esta vez en el estrato superficie solamente. Es importante señalar que

las estaciones más alejadas del Golfo, como Puerto Morazán y Cooprocám, sufrieron los picos más altos durante el año, sobre todo la última.

El mismo patrón se presentó en el estrato fondo, donde se marcó la tendencia de que las estaciones más alejadas del Golfo - menos recambio de agua y más sólidos en suspensión - requiriesen más demanda de oxígeno para el comportamiento adecuado de los organismos acuáticos.

La estación de El Chorro fue la que presentó un comportamiento más estable a lo largo de todo el año. Sus fluctuaciones oscilaron entre 10.0 a 27.0 mg/L, promedio de 16. mg/L en todo el año. La estación Camilo Ortega tuvo un comportamiento similar pero menos marcado.

En el estrato fondo, la estación que presentó el nivel mas alto de DQO fue la estación de Puerto Morazán en mayo con 96.90 mg/L. El nivel más bajo se alcanzo en la estación Camilo Ortega con 4.39 mg/L.

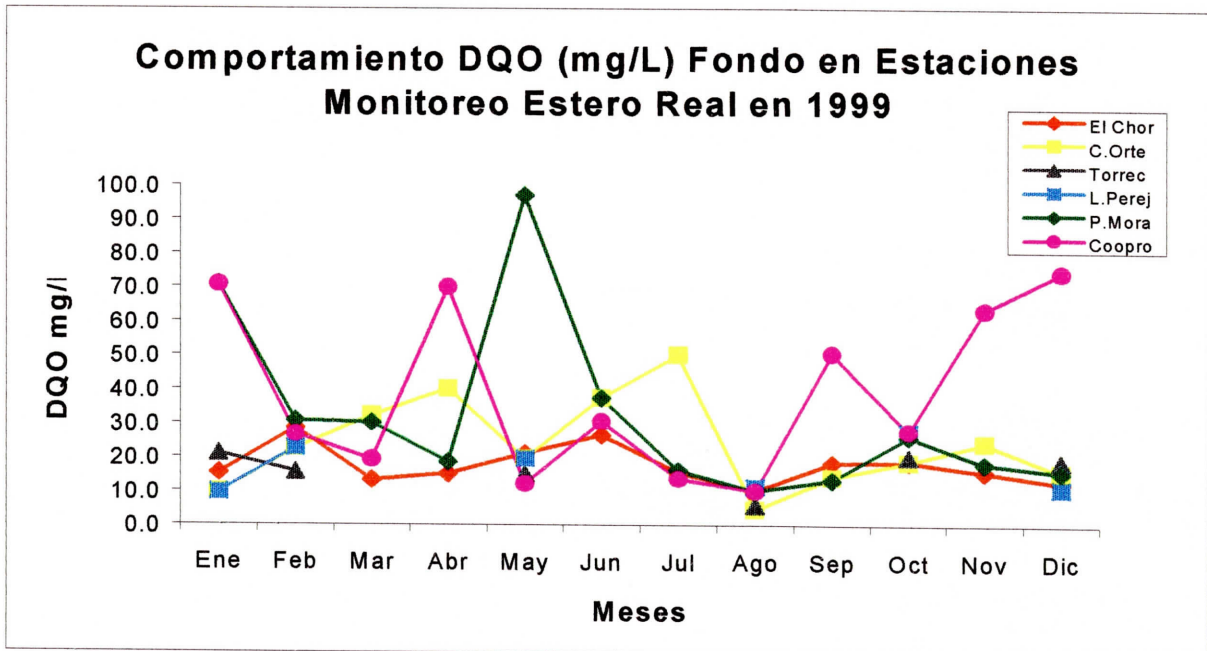
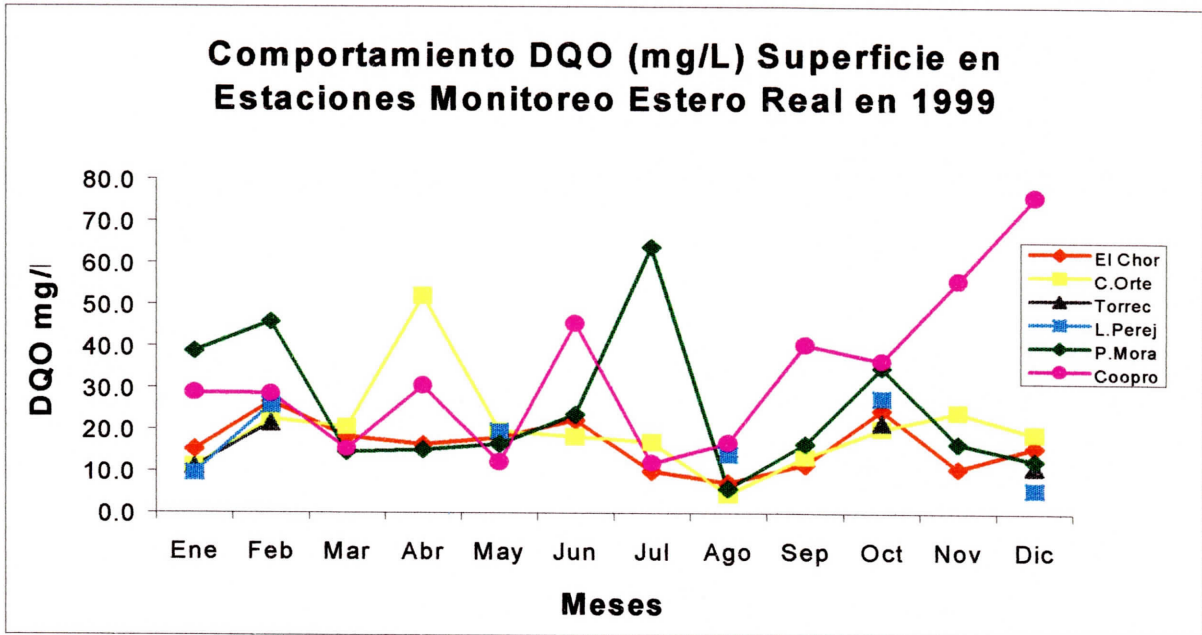
Como patrón general, se marca la tendencia de un mayor uso de oxígeno en las estaciones más internas del Estero que en las más cercanas al Golfo. Incluso las estaciones ramales presentaron un comportamiento regular a lo largo del año, lo que era esperable, ya que la columna de agua presenta poca cantidad de materia orgánica a degradar.

Datos de DQO mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999

DQO mg/L Superficie						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	15.1	11.0	11.0	9.5	38.7	28.7
Febrero	26.5	22.4	21.5	25.7	45.8	28.4
Marzo	18.2	20.3			14.5	15.2
Abril	16.2	51.9			14.9	30.4
Mayo	17.9	19.4	17.9	19.4	16.4	12.0
Junio	22.2	18.1			23.5	45.4
Julio	9.9	16.8			63.7	11.8
Agosto	7.2	4.4	15.3	14.0	5.8	16.7
Septiembre	11.5	13.2			16.5	40.2
Octubre	24.5	20.1	21.6	27.5	34.9	36.4
Noviembre	10.5	24.1			16.6	55.7
Diciembre	15.7	18.9	10.9	5.6	12.5	75.9

DQO mg/L Fondo						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	15.1	9.5	21.0	9.5	70.7	70.5
Febrero	28.4	22.4	15.5	22.5	30.6	26.5
Marzo	13.10	32.00			30.00	19.10
Abril	14.94	39.97			18.51	69.78
Mayo	20.90	19.40	14.90	19.4	96.90	12.00
Junio	26.30	37.20			37.20	30.40
Julio	15.44	50.00			16.00	13.58
Agosto	9.86	4.39	5.76	11.23	9.86	9.86
Septiembre	18.24	14.01			13.17	50.37
Octubre	18.58	18.58	20.07	27.47	26.00	27.47
Noviembre	15.60	24.10			18.10	63.22
Diciembre	12.55	15.69	18.86	10.95	15.69	74.31

Gráficos DQO mg/L estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999



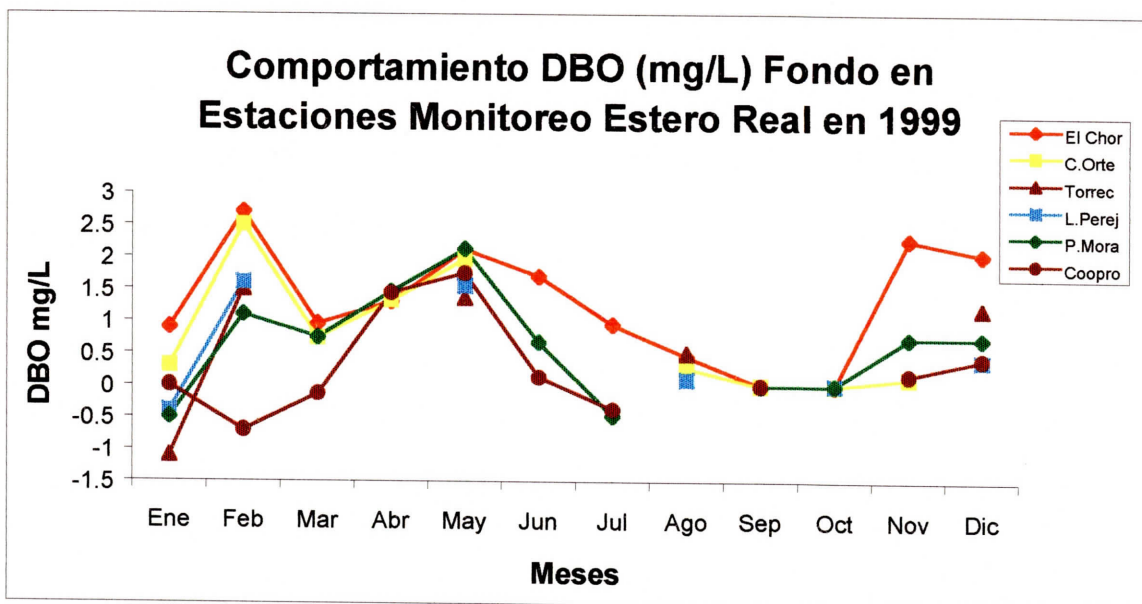
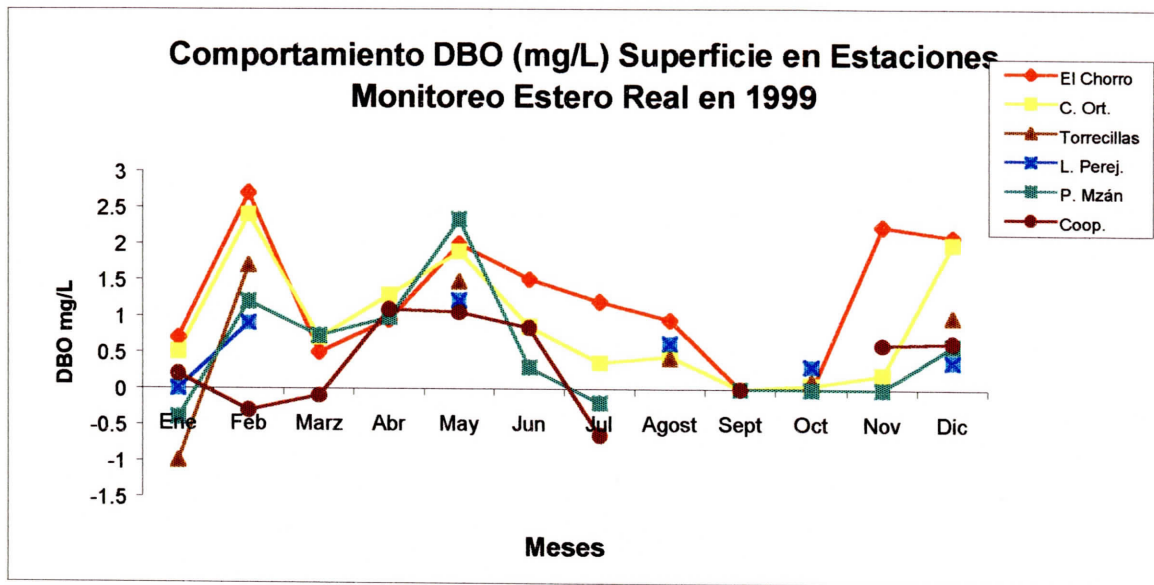
Datos de DBO mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año 1999**DBO mg/L Superficie**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.7	0.5	-1	0	-0.4	0.2
Febrero	2.7	2.4	1.7	0.9	1.2	-0.3
Marzo	0.50	0.70			0.73	-0.10
Abril	0.95	1.29			0.98	1.09
Mayo	2.00	1.90	1.48	1.22	2.34	1.05
Junio	1.51	0.86			0.30	0.84
Julio	1.20	0.36			-0.19	-0.64
Agosto	0.95	0.45	0.42	0.63		
Septiembre	N.D	N.D			N.D	N.D
Octubre	0.00	0.05	0.10	0.31	0.00	
Noviembre	2.24	0.20			0.00	0.61
Diciembre	2.1	2.00	0.99	0.38	0.6	0.64

DBO mg/L Fondo

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.9	0.3	-1.1	-0.4	-0.5	0
Febrero	2.7	2.5	1.5	1.6	1.1	-0.7
Marzo	0.96	0.74			0.75	-0.13
Abril	1.30	1.32			1.46	1.44
Mayo	2.12	1.97	1.36	1.55	2.13	1.75
Junio	1.70				0.68	0.13
Julio	0.95				-0.47	-0.37
Agosto	0.46	0.28	0.51	0.1		
Septiembre	N.D	N.D			N.D	N.D
Octubre	0.00	0.00		0.01	0.01	
Noviembre	2.28	0.12			0.74	0.17
Diciembre	2.05		1.2	0.4	0.74	0.42

Gráficos DBO mg/L estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999



3.9 Fósforo

El fósforo es un nutriente limitante en algunos sistemas acuáticos. Se encuentra en los sistemas acuáticos en muchas formas químicas, desde iones de fosfato inorgánico (ortofosfatos) hasta moléculas orgánicas como azúcares y DNA. Hay formas orgánicas que hasta ahora no han sido identificadas, pero es probable que sean principalmente producto de la descomposición y excreción de los organismos marinos (Wheaton, 1982; Ryley y Chester, 1989).

La distribución de las diversas formas del fósforo en los sistemas acuáticos está ampliamente controlada por los agentes biológicos y físicos que son similares a los que influyen en la química del nitrógeno, y su balance químico está en función de muchas variables incluyendo pH, concentración de iones metales como calcio y aluminio, potencial de reducción o de oxidación, extensión de movimiento de los sedimentos de fondo y la existencia de contaminación (Wheaton, 1982; Ryley y Chester, 1989).

Debido a que la cinética y las reacciones químicas en las que participa el fósforo en el medio acuático no están bien definidas, se simplifica clasificándolo en las formas: material orgánico sólido, material orgánico disuelto, material inorgánico sólido y material inorgánico disuelto (Wheaton, 1982). Algunos compuestos como el Adenosin Trifosfato (ADP) y la coenzima nucleótida juegan un papel muy importante en la fotosíntesis y otros procesos de las plantas. Normalmente el fitoplancton satisface su requerimiento del elemento por la asimilación directa del ortofosfato (Wheaton, 1982; Ryley y Chester, 1989).

En los sistemas acuáticos, cuando organismos como el fitoplancton y las bacterias mueren y se degradan por procesos químicos o biológicos, aparecen las cuatro formas de compuestos que contienen fósforo anteriormente mencionadas. Como el caso del fósforo orgánico en sus tejidos es rápidamente convertido a fosfato a través de la acción de las fosfatasa en sus células (Wheaton, 1982; Ryley y Chester, 1989).

Niveles de nutrientes muy altos se pueden establecer en estuarios y cuerpos cerrados como resultado de la descarga de aguas negras y afluentes conteniendo detergentes ricos en polifosfatos. Estos pueden posteriormente incrementarse por los nitratos y fosfatos introducidos por agua de escurrimiento de tierras de cultivo, a las que se han aplicado excesivas cantidades de fertilizantes. Dichas condiciones a menudo tienden a una proliferación muy rápida del fitoplancton que muere y se desintegra rápidamente, agotando el oxígeno disuelto en el agua. Parece que el fósforo es la principal causa de tal eutricación (Ryley y Chester, 1989).

Cuando el fósforo se agrega en un fertilizante químico, una concentración alta de fosfato permanecerá en el agua sólo por unas horas o días (Boyd, 1989). Alguna pérdida de fósforo del agua se puede atribuir a la ingestión por parte de las plantas y bacterias. Grandes florecimientos de fitoplancton pueden absorber grandes cantidades de fósforo. Sin embargo, la mayor cantidad de fósforo se absorbe en el sedimento del cuerpo de agua (Boyd, 1989).

3.9.1 Reacción en el sedimento (arcilla, lodo)

Los fósforos inorgánicos en sedimento o barro se presentan como fosfatos de calcio, hierro y aluminio. En suelos ácidos, el ion aluminio se presenta en concentración alta y reacciona con el fósforo para formar un altamente insoluble fosfato de aluminio de acuerdo a la reacción general:



Al mismo nivel de pH, hay muchas formas de más ion de aluminio que iones de hierro en el lodo aeróbico. De esta forma, el fosfato reacciona primero con Al, pero la existencia de fosfatos de hierro en el lodo sugiere que algo de fosfato de Al se transforma a fosfato de hierro (Fe). Cuando el lodo se torna anaeróbico, fosfatos de Fe se disuelven, y el agua anaeróbica que se encuentra en el fondo del cuerpo de agua puede ser alta en fosfato. No obstante, cuando el agua se torna aeróbica de nuevo, el fosfato de Fe se reprecipita. Si el pH del sedimento incrementa, la concentración del ion de Al disminuye, así que menos fosfato se precipita como fosfato de Al. En algún lugar entre pH 6 y 7, la precipitación de fosfato de Al cesa, para ser el factor dominante que remueve el fosfato del agua. Si el pH del sedimento incrementa, la concentración de calcio (Ca) aumenta y el fósforo se precipita como fosfato de Ca. Con el tiempo, el fosfato de Ca se transforma a un altamente insoluble mineral de apatita (roca de fosfato). Cuando el pH y la concentración de Ca presentan niveles altos, la apatita se precipita directamente del agua (Boyd, 1989).

El fitoplancton puede absorber rápidamente fosfato del agua. Las células de fitoplancton se pueden consumir por organismos acuáticos, pero la mayoría muere y se queda en el fondo. Algunos estudios han demostrado que casi el 70% del fósforo agregado al cuerpo de agua eventualmente se precipitan al sedimento. El fósforo del sedimento está en equilibrio con el fósforo en el agua, pero a pesar de esto, las concentraciones de fósforo en el agua son bajas (Masuda y Boyd, 1994).

3.9.2 Análisis de resultados

El nivel de las concentraciones de fosfato presentó un comportamiento muy similar a lo largo de todas las estaciones en ambos estratos. No se presentó aspecto alguno significativo de recalcar. Sin embargo, sí se observa un nivel bajo de concentración de fosfato en todas las estaciones y estratos.

La estación que presentó los niveles de concentración de fosfato en ambos estratos más altos durante el año fue la de Cooprocám. Se puede asumir que en esta estación, este comportamiento es producto de un alto contenido de sedimentos en suspensión que forman compuestos orgánicos o inorgánicos con el fósforo, y que se encuentran disueltos en esta columna de agua. A pesar de que se obtuvo una transparencia de 10 cm y un nivel de sedimentación de 155 mg/L, el nivel de concentración de fosfato no es significativamente alto. Repasemos lo que dice Boyd: el contenido de fósforo en el agua puede durar unas horas o unos días, para luego precipitarse al fondo en forma de compuestos inorgánicos de fosfato con el Aluminio (Al), Calcio (Ca) y Hierro (Fe). Por tal consideración, podemos asumir que la concentración de fósforo en el sedimento es mayor que la concentración de

fósforo en el agua. Este es el patrón de comportamiento que se presentó en todas las estaciones de Monitoreo del Estero Real durante todo el año.

Algo importante a considerar es que en las estaciones en que se obtuvieron niveles de concentración “altos” o “más altos” fueron las estaciones más tierra adentro del Estero (Puerto Morazán y Cooprocám). Además, este comportamiento - de niveles altos - se presentó a inicios del año.

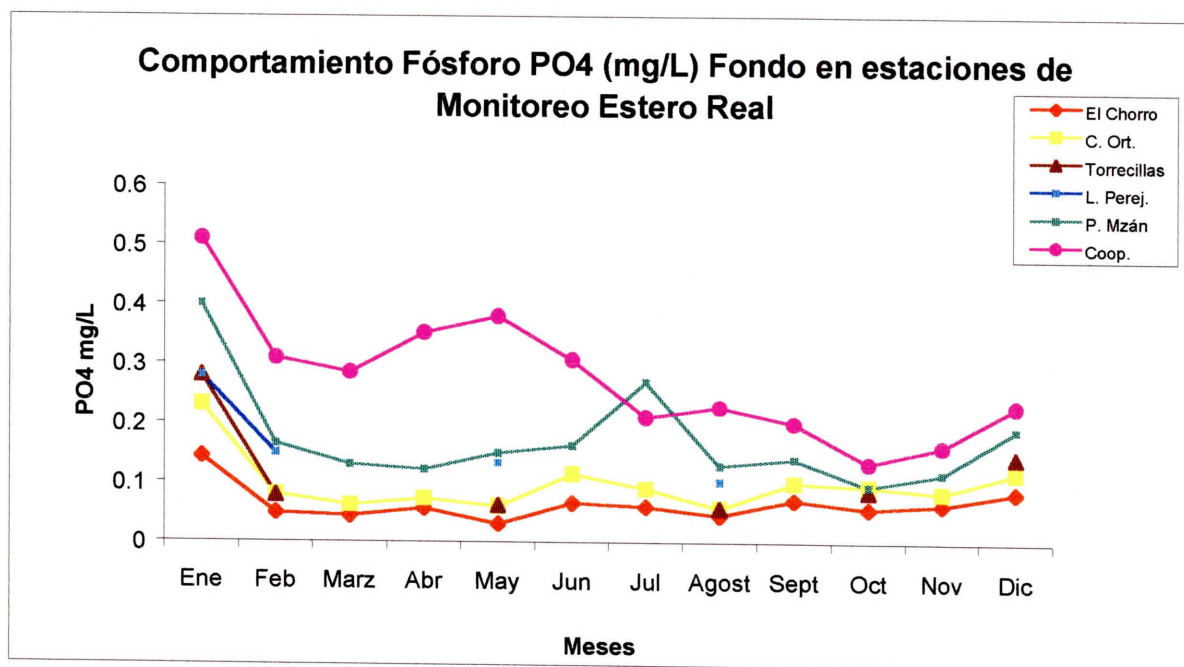
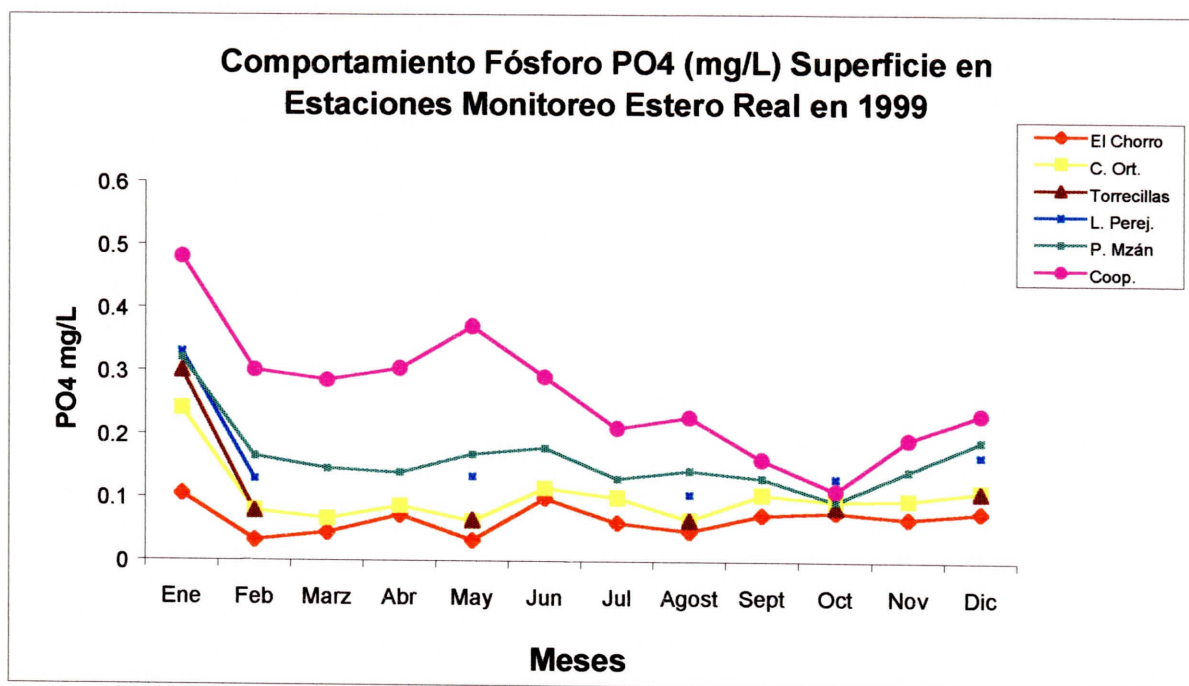
La concentración de fósforo total en aguas naturales rara vez excede de un mg/L. La concentración más alta durante el año en estrato superficie y fondo - estación Cooprocám - se presentó en enero y fue de 0.48 mg/L y 0.51mg/L, respectivamente. La concentración más baja de fosfato se presentó en mayo en la estación El Chorro para ambos estratos - superficie y fondo - con 0.032 mg/L y 0.030 mg/L, respectivamente.

La tendencia se marcó a partir de febrero con niveles estables y regulares en todo el año para los dos estratos, y los niveles oscilaron entre 0.030 mg/L y 0.50 mg/L. Estos niveles están bajos para los rangos adecuados para el cultivo del camarón. En octubre, la variabilidad de niveles de fosfato tuvo una media de 0.1 mg/L y destaca como el mes en que se presentaron las concentraciones de fosfato más próximas entre estratos y entre estaciones.

Datos de PO₄ mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999

Fósforo mg/L Superficie						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocarn
Enero	0.105	0.24	0.3	0.33	0.32	0.48
Febrero	0.032	0.079	0.078	0.129	0.165	0.301
Marzo	0.044	0.066			0.145	0.285
Abril	0.072	0.086			0.139	0.304
Mayo	0.032	0.062	0.064	0.133	0.168	0.371
Junio	0.099	0.115			0.178	0.291
Julio	0.060	0.100			0.130	0.210
Agosto	0.047	0.065	0.065	0.105	0.143	0.227
Septiembre	0.073	0.105			0.131	0.161
Octubre	0.078	0.095	0.086	0.131	0.095	0.112
Noviembre	0.068	0.097			0.143	0.193
Diciembre	0.078	0.111	0.11	0.167	0.19	0.232

Fósforo mg/L Fondo						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocarn
Enero	0.143	0.23	0.28	0.28	0.4	0.51
Febrero	0.048	0.079	0.078	0.149	0.165	0.309
Marzo	0.043	0.061			0.130	0.285
Abril	0.056	0.072			0.122	0.352
Mayo	0.030	0.060	0.062	0.133	0.150	0.380
Junio	0.066	0.115			0.162	0.307
Julio	0.060	0.090			0.270	0.210
Agosto	0.045	0.057	0.057	0.102	0.129	0.227
Septiembre	0.071	0.100			0.140	0.200
Octubre	0.057	0.095	0.086	0.133	0.095	0.133
Noviembre	0.064	0.084			0.116	0.161
Diciembre	0.085	0.118	0.144	0.19	0.19	0.229

Gráficos PO₄ estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999

3.10 Nitrógeno

El nitrógeno (N) es un nutriente muy importante, porque es un elemento necesario en la estructura de las proteínas. La clorofila, RNA, DNA, varias coenzimas y algunas vitaminas también contienen nitrógeno. Por lo tanto, el nitrógeno es esencial para funciones tan importantes como la fotosíntesis, respiración, síntesis de proteínas, formación de genes y crecimiento (Wheaton, 1982).

El N se encuentra en varias formas en el sistema acuático: el nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amoniaco (NH_3), amonio (NH_4^+), nitrógeno como gas libre (N_2) y en formas orgánicas como aminoácidos y proteínas (Wheaton, 1982).

El principal propósito del ciclo del nitrógeno es reciclarse de una forma de uso a otra. Si se entra al ciclo en el estado de materia orgánica, el nitrógeno está unido en la forma de proteína y otros componentes en el cuerpo de plantas y animales. Cuando el organismo muere, las bacterias y descomposición química oxidativa producen amoniaco (NH_3). La desaminación bacteriológica (la liberación de un grupo amino NH_2 de un aminoácido) es una segunda fuente de amonio en el sistema acuático. Los nitritos (NO_2^-) se forman en el ciclo del nitrógeno por dos procesos. Las bacterias nitrificadoras como las *Nitrosomas* atacan al amoniaco y liberan nitritos, la energía que se libera en este proceso es utilizada por las bacterias para sus procesos biológicos. El paso final en el ciclo del nitrógeno involucra la oxidación de nitritos a nitratos (NO_3^-) por *Nitrobacter sp.* El nitrato es la forma del nitrógeno inorgánico preferida por la mayoría de las plantas. De esta forma, la absorción hecha por las plantas completa el ciclo al incorporar nitrógeno a los componentes orgánicos (Wheaton, 1982).

3.10.1 Nitrificación

El amonio expedido al agua del estanque por descomposición puede ser usado otra vez, o puede ser nitrificado a nitrato por bacterias quimioautótrofas. La oxidación del amonio a nitrito por bacterias de género *Nitrosomas* es el primer paso en la nitrificación:



En el segundo paso, el nitrito se oxida a Nitrato por la bacteria del género *Nitrobacter*:



Estas bacterias usan la energía expedida en la oxidación del amonio y nitrito para reducir dióxido de carbono a carbono orgánico. En otras palabras, estos organismos pueden producir materia orgánica de una manera no - fotosintética. La nitrificación es importante al reducir la concentración de amonio en las aguas de estanques, y esto es beneficioso para la acuicultura, porque el amonio es potencialmente tóxico. Sin embargo, la nitrificación también tiene efectos adversos en la calidad del agua. Es una fuente significativa de acidez en estanques, ya que se producen iones de hidrógeno (H^+), y se origina una demanda de oxígeno para oxidar amonio.

3.10.2 Amoniac

En el agua el nitrógeno amoniacal ocurre en dos formas: amonio no-ionizado (NH_3) y amonio ionizado (NH_4^+). El amonio no - ionizado es tóxico en peces y crustáceos, pero el amonio ionizado es inofensivo excepto en concentraciones extremadamente altas. Debido a esto, la toxicidad del amonio es atribuida principalmente a la forma no - ionizada (NH_3) (Boyd, 1979; Wheaton, 1982).

Las concentraciones de amonio no - ionizado y ionizado en una solución se encuentran juntos debido a una reacción de equilibrio y están en función del pH, temperatura y la fuerza iónica de esa solución. A medida que se eleva el pH, el amonio no - ionizado incrementa relativamente el ion amonio. La temperatura del agua también causa un incremento en la proporción del amonio no - ionizado, pero el efecto de la temperatura es menos que el pH. Por lo tanto, el pH y la temperatura regulan la proporción del amonio total (Boyd, 1979; Wheaton, 1982).

La tolerancia de los organismos acuáticos varía con las especies, condición fisiológica y factores del medio ambiente (Boyd, 1989). Los sistemas de agua dulce sobrecargados normalmente operan en una escala de pH entre 6.5 a 7.5. Los sistemas de aguas saladas se mantienen generalmente entre 7.0 y 8.5 (Esteros Reales). Por lo tanto, estos últimos tienden a tener un mayor riesgo de toxicidad por amonio (Wheaton, 1982).

3.10.3 Nitritos

Los nitritos (NO_2^-) usualmente están en los sistemas de aguas naturales en cantidades mínimas (rastros). Se forman en el ciclo del nitrógeno por dos procesos. Las bacterias nitrificadoras como las *Nitrosomas* que atacan al amonio y liberan nitritos producen energía que es utilizada por éstas para sus procesos biológicos. Ciertas diatomeas y algas (*Chlorella*) tienen la habilidad de reducir los nitratos (NO_3^-) a nitritos (NO_2^-). Este proceso de reducción es la 2^{da} fuente de nitritos en los sistemas acuáticos (Wheaton, 1982).

Considerados tóxicos para el camarón, impiden el intercambio de oxígeno siendo un producto intermedio en la nitrificación de amonio a nitratos. Pesantes y Trejos (1991) citado por Ibarra *et al.* recomiendan un rango de 0.007 mg/L a 0.023 mg/L para el cultivo.

Como el nitrito es un producto del amonio en una de sus derivaciones, es extremadamente tóxico en todos los organismos incluyendo a los organismos en cultivo. Una pequeña concentración (1 ppm) de nitritos es letal para peces. La mayor causa de toxicidad de nitritos es la oxidación del hierro en la hemoglobina de la sangre, a un estado férrico, formando metahemoglobina, que no es capaz de combinarse con el oxígeno, dando como resultado una deficiencia en los tejidos y la muerte (Boyd, 1989).

Los factores que afectan la conversión de los procesos de nitritos incluyen al pH, temperatura, oxígeno disuelto, número de bacterias nitrificantes, la presencia de compuestos inhibidores (Boyd, 1989).

3.10.4 Nitratos

Los nitratos (NO_3^-) son un producto derivado de los nitritos por acción de las bacterias *Nitrobacter*, que utilizan la oxidación de nitritos a nitratos para obtener energía para sus procesos vitales. Los nitratos son básicamente el producto final en la descomposición de materiales nitrógeno en un sistema acuático. Esta es una conversión importante, ya que los nitratos son una de las formas del nitrógeno más fácilmente aprovechable por las plantas para la síntesis de proteínas y otros procesos que requieren nitrógeno, y es la forma química del nitrógeno más abundante, a pesar de que su concentración en aguas naturales es baja; raramente excede a 10 mg/L y en forma frecuente es de 1 mg/L, específicamente en períodos de alta producción primaria (De la Lanza, 1985; Wheaton, 1982; Boyd, 1989). Zendejas (1991) citado por Ibarra *et. al.*, recomienda rangos menores de 200 mg/L.

3.10.5 Análisis de resultados

A lo largo del año, el ciclo del nitrógeno en sus diferentes formas nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-) presentó un comportamiento estable, cuyas variaciones fluctuaron dentro de los límites permisibles [nitrato 0.2 - 10.0 mg/L y nitrito < 0.3 mg/L] y con la excepción notable del amonio (NH_3), cuyos niveles fluctuaron por encima de los rangos aceptables en determinados meses, en ambos estratos y en todas las estaciones, excepto Torrecillas - superficie.

La gráfica de amonio superficial presentó curvas con tres puntos significativos durante el año, donde destacan las estaciones de Cooprocám y El Chorro en febrero y abril, respectivamente, y todas las estaciones del Estero Madre en julio. En estos tres meses, los niveles de amonio observado sobrepasaron los rangos aceptables.

El nivel más alto de amonio observado durante el año en el estrato superficie se presentó en abril en la estación de El Chorro con 0.272 mg/L. Le siguió la estación de Cooprocám con 0.270 mg/L y a continuación la estación de El Chorro en julio con 0.240 mg/L.

La tendencia del amonio para el estrato superficie se presentó de la siguiente forma: las seis estaciones empezaron dentro de los rangos permisibles para acuicultura. En todas aumentó la concentración del amonio en febrero; hubo un descenso en marzo, con la excepción de la estación de El Chorro, que aumentó hasta alcanzar el nivel más alto en estrato superficie en abril; en todas las estaciones, el nivel de amonio en el agua aumentó en abril respecto del mes anterior; en mayo los niveles de amonio bajaron en todas las estaciones y continuó así en junio en las estaciones de El Chorro y Puerto Morazán, mientras en las estaciones Camilo Ortega y Cooprocám se presentó un ascenso en julio que representó la segunda vez en el año que se sobrepasaban los niveles permisibles. A partir de julio se grafica un descenso escalonado para todas las estaciones y se observa un nivel estable del amonio durante los últimos tres meses del año en las estaciones de Puerto Morazán, Cooprocám y Camilo Ortega.

En el estrato fondo, en enero se presentó una situación similar que en el estrato superficie. Las estaciones presentaron niveles próximos de concentración de amonio entre sí, y todas estaban dentro de los límites permisibles con excepción de Torrecillas, que estaba ligeramente sobre el rango. En febrero todas las estaciones subieron ligeramente su concentración de amonio. A partir de febrero se nota una interesante variabilidad de concentraciones que no siempre concuerda con el estrato superior.

Cabe señalar que las gráficas de ambos estratos no presentaron una tendencia marcada que nos indique un patrón de comportamiento de la concentración del amonio a lo largo del Estero durante todo el año. Al comparar las estaciones y los estratos, sólo la estación de Puerto Morazán presentó un pseudo paralelismo de sus estratos. Podemos argumentar que esta estación es la más próxima al poblado y es aquí donde existe una mayor cantidad de residuos contaminantes. Por consiguiente, hay uniformidad de la columna de agua en esta estación.

Al hacer un repaso de los parámetros anteriormente expuestos como son temperatura, pH y oxígeno disuelto, presentaron uniformidad de niveles en ambos estratos, y como son factores que inciden en el ciclo del nitrógeno, sólo nos resta decir que las bacterias nitrificantes tienen una incidencia de relevancia en el comportamiento de las concentraciones de amonio en las diferentes estaciones y estratos, que no marcaron una tendencia definida a lo largo del año.

En los casos de nitratos y nitritos, las curvas se presentaron más estables que las del amonio, ya que no presentaron gran variabilidad en las concentraciones de estos compuestos. Los niveles de concentración de nitrato se comportaron de manera “uniforme” en ambos estratos.

En ambas gráficas los niveles de concentración de nitrato se observaron más altos en enero y, a partir de allí, se presentaron niveles que oscilaron entre 0.0 mg/L - 1.60 mg/L durante todo el año.

Mayo presentó la concentración de nitrato superficial más alta alcanzada durante el año con 1.70 mg/L en la estación de Puerto Morazán. Febrero presentó la concentración de nitrato fondo más alta alcanzada durante el año con 1.20 mg/L. En este mes se presentaron los niveles de concentración de nitrato más bajos alcanzados durante el año con 0.00 mg/L en las estaciones de Los Perejiles y El Chorro para ambos estratos.

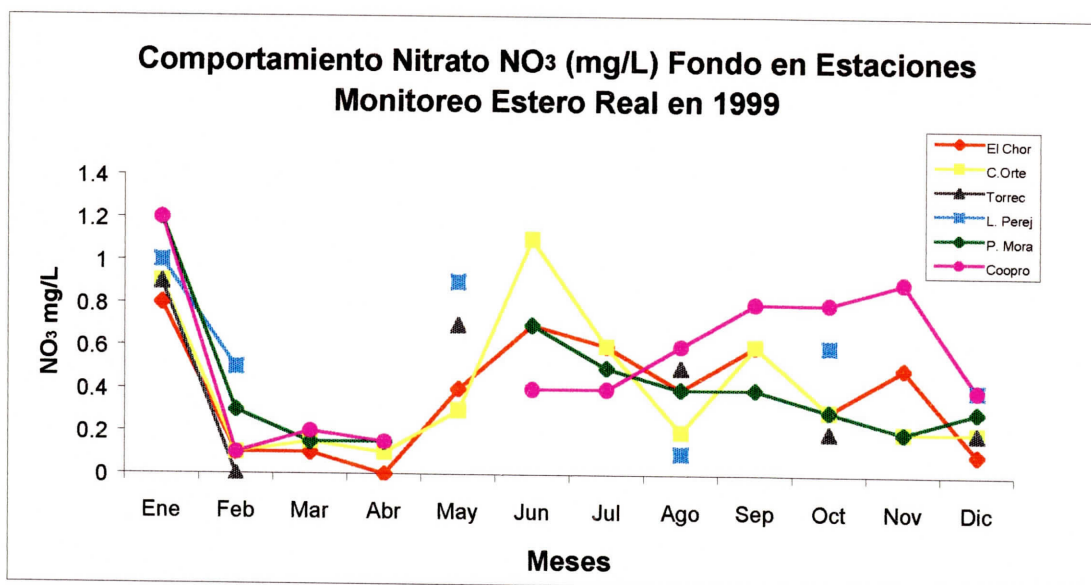
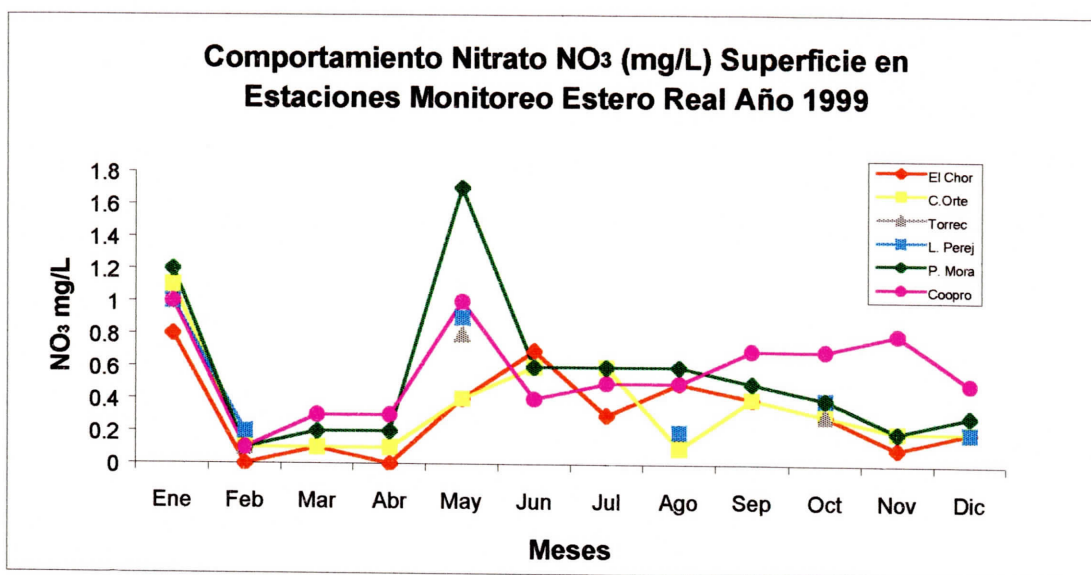
Los niveles de concentración de nitritos se comportaron dentro de los rangos aceptables para acuicultura y sus variaciones oscilaron entre 0.001 mg/L y 0.066 mg/L para el estrato superficie y 0.000 mg/L y 0.080 mg/L para el estrato fondo. El nivel de concentración de nitrito superficial más alto se observó en la estación de Los Perejiles con 0.066 mg/L y el más bajo, en la estación de Puerto Morazán con 0.001. El nivel de concentración de nitrito fondo más alto se observó en la estación de Torrecillas con 0.080 mg/L y el más bajo, en la estación de Puerto Morazán con 0.000 mg/L. Se destaca que los niveles de concentración de nitritos se presentaron más altos en los ramales del Estero (Torrecillas y Los Perejiles) que en el Estero Madre.

Datos de NO₃ mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año 1999**Nitrato NO₃ mg/L Superficie**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.8	1.1	1	1	1.2	1
Febrero	0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Marzo	0.10	0.10			0.20	0.30
Abril	0.00	0.10			0.20	0.30
Mayo	0.40	0.40	0.80	0.9	1.70	1.00
Junio	0.70	0.60			0.60	0.40
Julio	0.30	0.60			0.60	0.50
Agosto	0.50	0.10	0.20	0.2	0.60	0.50
Septiembre	0.40	0.40			0.50	0.70
Octubre	0.30	0.30	0.30	0.4	0.40	0.70
Noviembre	0.10	0.20			0.20	0.80
Diciembre	0.2	0.20	0.2	0.2	0.3	0.5

Nitrato NO₃ mg/L Fondo

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.8	0.9	0.9	1	1.2	1.2
Febrero	0.1	0.1	0	0.5	0.3	0.1
Marzo	0.10	0.15			0.15	0.20
Abril	0.00	0.10			0.15	0.15
Mayo	0.40	0.30	0.70	0.9		
Junio	0.70	1.10			0.70	0.40
Julio	0.60	0.60			0.50	0.40
Agosto	0.40	0.20	0.50	0.1	0.400	0.60
Septiembre	0.60	0.60			0.40	0.80
Octubre	0.30	0.30	0.20	0.6	0.30	0.80
Noviembre	0.50	0.20			0.20	0.90
Diciembre	0.1	0.20	0.2	0.4	0.3	0.4

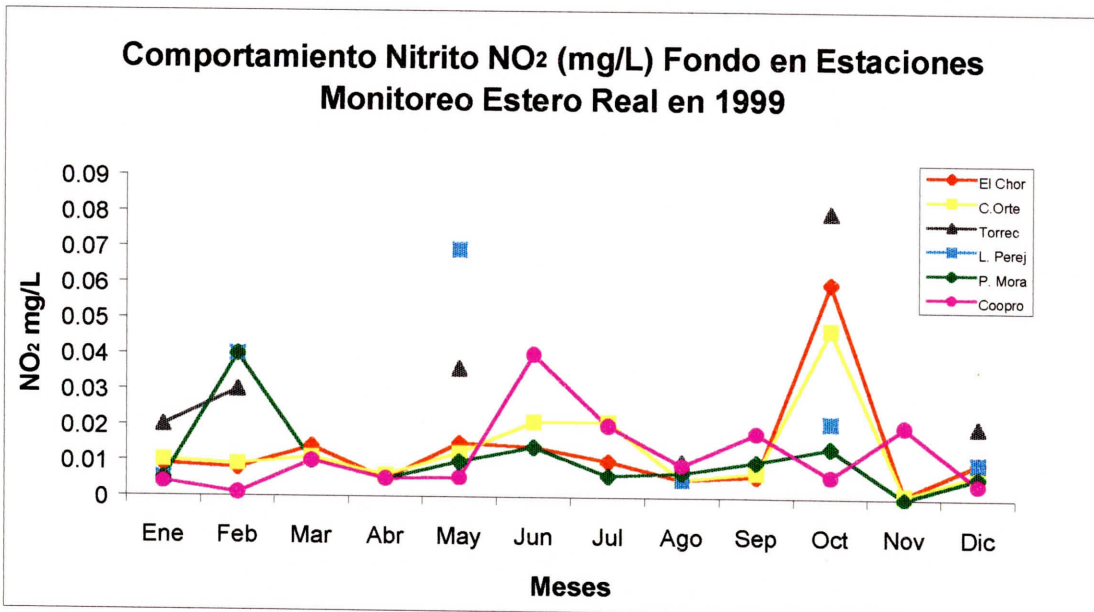
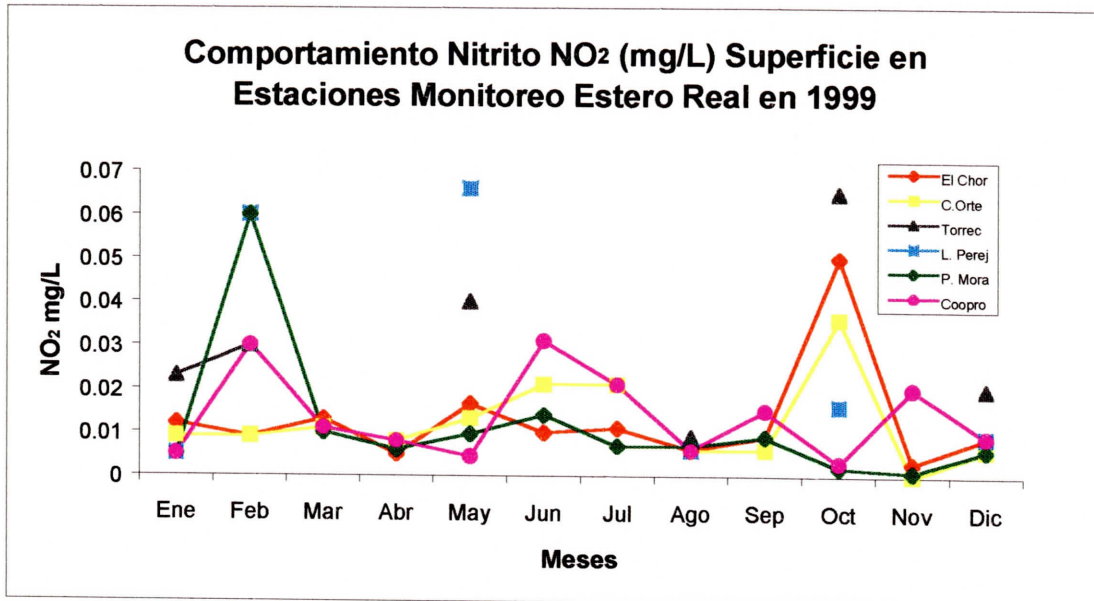
Gráficos NO₃ mg/L estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año 1999

Datos de NO₂ mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999

Nitrito NO₂ mg/L Superficie						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.012	0.009	0.023	0.005	0.005	0.005
Febrero	0.009	0.009	0.03	0.06	0.06	0.03
Marzo	0.013	0.011			0.010	0.011
Abril	0.005	0.008			0.006	0.008
Mayo	0.017	0.013	0.040	0.066	0.010	0.005
Junio	0.010	0.021			0.014	0.031
Julio	0.011	0.021			0.007	0.021
Agosto	0.006	0.006	0.009	0.006	0.007	0.006
Septiembre	0.009	0.006			0.009	0.015
Octubre	0.050	0.036	0.065	0.016	0.002	0.003
Noviembre	0.003	0.000			0.001	0.020
Diciembre	0.009	0.006	0.02	0.009	0.006	0.009

Nitrito NO₂ mg/L Fondo						
Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.009	0.01	0.02	0.005	0.005	0.004
Febrero	0.008	0.009	0.03	0.04	0.04	0.001
Marzo	0.014	0.011			0.010	0.010
Abril	0.005	0.006			0.005	0.005
Mayo	0.015	0.012	0.036	0.0693	0.010	0.005
Junio	0.014	0.021			0.014	0.040
Julio	0.010	0.021			0.006	0.020
Agosto	0.005	0.005	0.010	0.005	0.007	0.009
Septiembre	0.006	0.007			0.010	0.018
Octubre	0.060	0.047	0.080	0.021	0.014	0.006
Noviembre	0.001	0.001			0.000	0.020
Diciembre	0.01	0.007	0.02	0.01	0.006	0.004

Gráficos NO₂ mg/L estratos superficie - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999

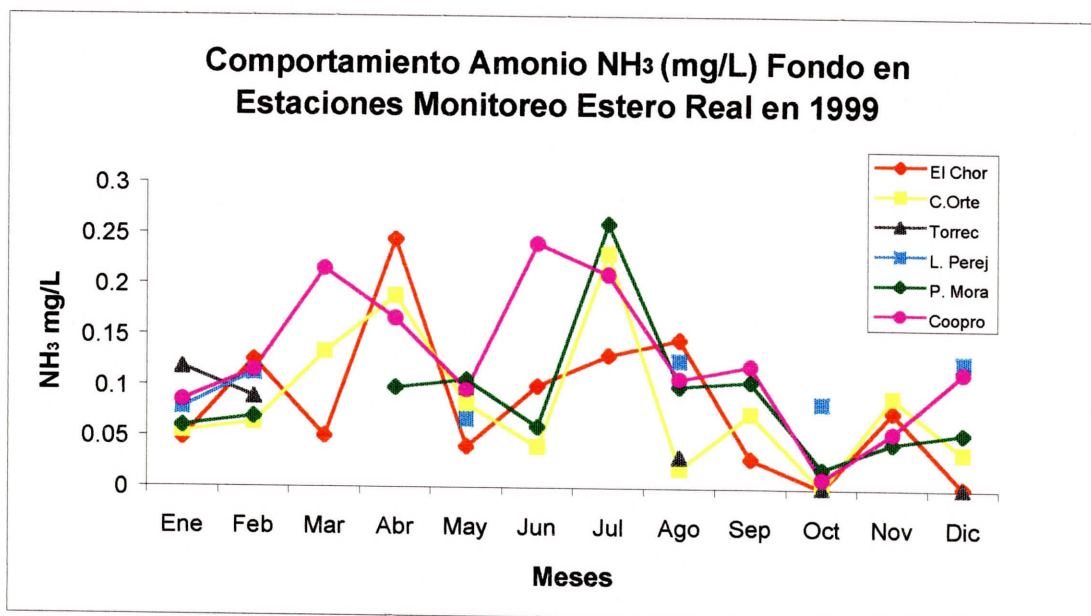
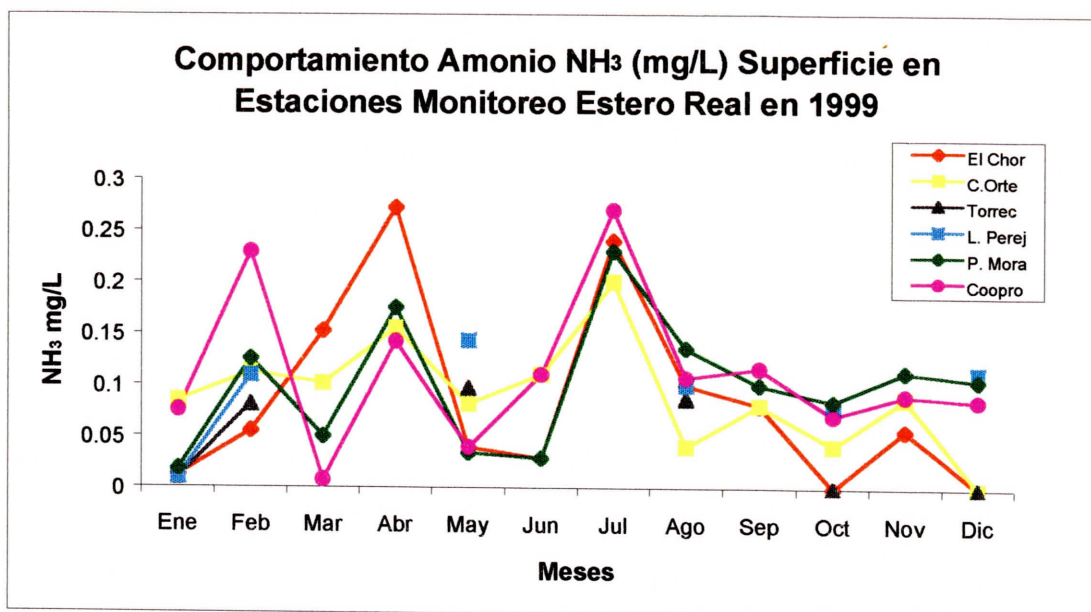


Datos de NH₃ mg/L de estaciones de Monitoreo Estero Real, Año1999**Amonio NH₃ mg/L Superficie**

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.012	0.084	0.01	0.01	0.018	0.075
Febrero	0.055	0.112	0.081	0.109	0.125	0.229
Marzo	0.152	0.101			0.050	0.008
Abril	0.272	0.155			0.175	0.142
Mayo	0.039	0.081	0.097	0.143	0.034	0.039
Junio	0.029	0.110			0.029	0.110
Julio	0.240	0.200			0.230	0.270
Agosto	0.100	0.040	0.087	0.1	0.136	0.107
Septiembre	0.080	0.080			0.100	0.116
Octubre	ND	0.041	ND	0.077	0.084	0.070
Noviembre	0.056	0.087			0.113	0.090
Diciembre	ND	ND	ND	0.112	0.105	0.085

Amonio NH₃ mg/L Fondo

Año 1999	El Chorro	C. Ortega	Torrecillas	L. Perejiles	P. Morazán	Cooprocám
Enero	0.048	0.054	0.118	0.078	0.06	0.085
Febrero	0.125	0.063	0.089	0.112	0.069	0.115
Marzo	0.050	0.133				0.215
Abril	0.244	0.188			0.098	0.166
Mayo	0.040	0.082	0.099	0.067	0.106	0.096
Junio	0.100	0.040			0.060	0.240
Julio	0.130	0.230			0.260	0.210
Agosto	0.146	0.019	0.031	0.125	0.100	0.107
Septiembre	0.029	0.073			0.105	0.120
Octubre	nd	nd	nd	0.084	0.020	0.010
Noviembre	0.076	0.090			0.045	0.055
Diciembre	0.002	0.036	ND	0.125	0.055	0.115

Gráficos NH₃ mg/L estratos - fondo Monitoreo Estero Real, Año1999

IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS MICROBIOLOGICOS EFECTUADOS EN EL ESTERO REAL EN 1999

4.1 Introducción

El agua natural contiene nutrientes en suficiente cantidad para sostener grupos especializados de poblaciones de microorganismos. Pocos o ninguno de estos microorganismos provocan enfermedades en el ser humano. La presencia de patógenos humanos en el agua indica contaminación por la tierra o por introducción deliberada de aguas de desagües.

Los patógenos que llegan a las aguas provenientes de la tierra, representan microorganismos liberados del excremento humano o animal, o de los cuerpos de animales o de humanos que han fallecido por padecimientos infecciosos. De este último grupo, solo las esporas del bacilo del ántrax (*Bacillus anthracis*) pueden sobrevivir en el suelo por un tiempo prolongado. Los patógenos principales en el agua son, por lo tanto, los que se originan en las heces: *Salmonella typhi* y otras especies de Salmonellas, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae*, *Escherichia* y *Leptospira* entre las bacterias, así como cierto número de virus entéricos que incluyen al de la hepatitis infecciosa y al poliovirus. Las enfermedades que provienen del agua pueden adquirirse por beber o por lavar los utensilios para la comida con agua contaminada, o por comer mariscos en los que se concentran microorganismos patógenos, cuando son criados en agua contaminada (Jawetz, 1985).

El Estero Real es uno de los esteros más extensos de Nicaragua y recorre parte del territorio occidental. En él desembocan un sin número de ríos, quebradas y otros cuerpos de agua que en su recorrido arrastran todo tipo de desechos superficiales que contaminan las aguas. De acuerdo a diferentes estudios que se han efectuado en el Estero Real años atrás, se conoce que sus aguas tienen cierta cantidad de materia orgánica que ha contribuido a crear un ambiente propicio para la proliferación de organismos. Estos microorganismos se desarrollan en la mayoría de los casos como parásitos o como simples huéspedes en los animales que viven en el estero, a través de los cuales llegan a los humanos cuando consumen los alimentos contaminados mal cocidos o mal lavados: peces, camarones y moluscos entre otros, principales hospederos de los organismos patógenos.

Los desastres provocados por el huracán Mitch, a fines de octubre - principios de noviembre de 1998, las lluvias y otros fenómenos naturales, afectan la calidad del agua del Estero Real. Este estero es la principal fuente de agua para el cultivo de camarones en Nicaragua, por lo que desde 1994 se ha venido monitoreando, para conocer la calidad del agua, saber si está siendo afectada por las camaroneras y si continúa siendo apta para el cultivo de camarones. En el presente informe se dan a conocer los resultados de análisis microbiológicos efectuados durante 1999 en seis estaciones previamente establecidas a lo largo del Estero Real.

4.2 Metodología de análisis:

El recuento de *Vibrium sp.* se determinó mediante el UFC/100ml (Unidades Formadoras de Colonias), asimismo se cultivaron muestras de agua en agua peptonada con sal y en Agar TCBS + 2% de NaCl. En este medio pueden crecer todas las especies de *Vibrio* existentes en el agua.

Vibrio cholerae se determinó mediante la incubación de muestras de agua del Estero en agua peptonada alcalina, para cultivarlas luego en un medio de cultivo Agar TCBS sin sal, específico para *V. cholerae*. El **recuento total de Coliformes fecales** se estableció mediante la técnica del NMP/100ml (Número Más Probable), haciendo crecer a estas bacterias en Caldo Lauril Sulfato o Caldo Lactosado; después de un periodo de incubación se sembraron las muestras positivas en caldo EC sencillo.

El **recuento total de mesófilos** en UFC/100ml se obtuvo mediante la siembra de las muestras en el medio de cultivo Agar Plate Count. La presencia de *Salmonella sp.* se determinó mediante la incubación de muestras de agua en Caldo Selenito durante un periodo de incubación, después del cual se sembraron en Agar SS y Hektoen y se reconfirmaron en Agar TSI.

4.3 Análisis Efectuados:

a)- *Vibrio sp.* (UFC/100ml):

Son microorganismos marinos que habitan en los estuarios de todo el mundo, son facultativos gram-negativos que no necesitan requerimientos nutricionales exigentes para su desarrollo. Las especies de *Vibrio* asociadas a infecciones de especies marinas son: *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. anguillarum* y *V. alginus*. Tienen la propiedad de afectar todos los estadios de desarrollo del camarón, provocando rangos de mortalidades variables que dependen del sitio u órgano afectado (Cárvaca, 1989).

V. parahaemolyticus se encuentra en el agua y suele aislarse en organismos acuáticos enfermos. En el ser humano provoca una enteritis aguda (Carpenter, 1982). Este bacilo gram - negativo es la causa de muchas infecciones transmitidas por los alimentos en diversas áreas del mundo, cuando el alimento marino es un producto básico en la dieta alimenticia (Alcamo, 1994).

Otro *Vibrio* halófilico es *Vibrio vulnificus*, que se encuentra en el agua de mar y puede causar lesiones cutáneas intensas después del contacto con animales marinos (por ejemplo cangrejos), o puede ocasionalmente producir enteritis, bacteremia y muerte en los ancianos y personas debilitadas (Jawetz, et al, 1985).

En el monitoreo bacteriológico realizado en el Estero Real durante 1999, se encontraron siete especies de *Vibrio*: *V. parahaemolyticus*, *V. fluvialis*, *V. alginolyticus*, *V. mimicus*, *V. harveyi*, *V. anguillarum* y *V. Danse*,. siendo las tres primeras especies las que se presentaron mayormente en todas las estaciones de muestreo. Cabe señalar que *V. parahaemolyticus* se presentó hasta el mes de julio en todas las estaciones de muestreo,

excepto en el fondo de El Chorro y Torrecillas, mostrando similar comportamiento en el mes de agosto. En septiembre y octubre disminuyó considerablemente su presencia para volver a aparecer en noviembre y mayormente en diciembre, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Presencia de *Vibrio* sp. en el Estero Real en 1999

Estación	Estrato	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dic
El Chorro	Superficie		3		3	3	3	1	1	1	1	1	1
El Chorro	Fondo		5		2	3	3			1		1	1
Camilo Ortega	Superficie	6, 4	4	2		2		1	1			1	1
Camilo Ortega	Fondo			2	2	2		1	1			1	1
Pto. Morazán	Superficie	5	4	7	2	3	2	1	1			1	6
Pto. Morazán	Fondo	5			2	3	2	1	1			1	1
Cooprocám	Superficie		4	2		2	2	1	1				1
Cooprocám	Fondo	4	2	2	2	2		1	1			1	1
Torrecillas	Superficie	5				3		1	1				1
Torrecillas	Fondo					3					4		1
Los Perejiles	Superficie	5	4			2		1	1				1
Los Perejiles	Fondo		4			2		1	1				1

Claves:

Frecuencia de Aparición	<i>Vibrium</i> sp.
1	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>
2	<i>Vibrio fluvialis</i>
3	<i>Vibrio alginolyticus</i>
4	<i>Vibrio mimicus</i>

5	<i>Vibrio harveyi</i>
6	<i>Vibrio anguillarum</i>
7	<i>Vibrio damsela</i>

b)- *Vibrio cholerae*:

Es un bacilo gram - negativo curvado que entra al tracto intestinal a través del agua o los alimentos contaminados ingeridos. Los vegetales provenientes de campos fertilizados con fertilizantes hechos basándose en heces fecales humanas, son una posible fuente de contaminación; también los moluscos, como las ostras, cuando se consumen crudas. El cólera es causado por *Vibrio cholerae*. Esta enfermedad está acompañada por una diarrea masiva que provoca una severa deshidratación en la persona afectada, debido a la gran cantidad de líquido que puede perder. También son característicos los vómitos constantes. En los casos no tratados clínicamente, el índice de mortalidad alcanza un 70% (Alcamo, 1994).

El cólera no es una infección invasiva; los organismos nunca llegan a la sangre, sino que permanecen localizados dentro del intestino donde se multiplican y liberan las toxinas del cólera que producen el envenenamiento (Jawetz, *et al*, 1985).

En 1999 se detectó en el Estero Real la presencia de *Vibrium cholerae* durante los tres primeros meses del año en cinco de las seis estaciones de Muestreo: Camilo Ortega, Puerto Morazán, Cooprocám, Torrecillas y Los Perejiles, con la particularidad que estas bacterias no se presentaron simultáneamente en todas las estaciones. Después de estos meses, *V. cholerae* experimentó un periodo de ausencia para volver a aparecer en octubre, noviembre y diciembre en las estaciones de Puerto Morazán, Cooprocám y Los Perejiles. Estos resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Presencia de *Vibrio cólera* en el Estero Real en 1999

Estación	Estrato	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dic
El Chorro	Superficie												
El Chorro	Fondo												
Camilo Ortega	Superficie												
Camilo Ortega	Fondo												
Pto. Morazán	Superficie												
Pto. Morazán	Fondo												
Cooprocám	Superficie												
Cooprocám	Fondo												
Torrecillas	Superficie												
Torrecillas	Fondo												
Los Perejiles	Superficie												
Los Perejiles	Fondo												

Clave: Positivo:  Negativo: 

c)- *Salmonella* sp.

Bacterias Gram - negativas transmitidas por alimentos y/o agua. Estas bacterias abandonan el cuerpo humano a través de las excretas y suelen llegar al cuerpo o al agua, donde pueden multiplicarse y asegurar su paso a las vías digestivas de otro huésped. La única puerta de entrada de estos organismos es la boca. Entre las enfermedades intestinales causadas, están las fiebres entéricas, gastroenteritis y disentería (Carpenter, 1982). *Salmonella typhi* es la causante de la “Fiebre Tifoidea”. Esta especie de bacterias es altamente resistente a las condiciones del medio ambiente fuera del cuerpo. Este factor amplía su habilidad para permanecer viva por largos periodos de tiempo en el agua, aguas servidas y algunas comidas. La *Salmonella typhi* causa enfermedades solamente en humanos, y es transmitida por moscas, comida, dedos, heces fecales, utensilios, ropas, etc. (Alcamo, 1994).

Los análisis microbiológicos realizados en muestras de agua tomadas en diferentes estaciones del Estero Real, demuestran que durante 1999, específicamente en los meses de

octubre y diciembre, hubo presencia de *Salmonella sp.* en las estaciones de Puerto Morazán, Cooprocám y Los Perejiles, registrándose los mayores brotes en Cooprocám. Esto puede ser a causa de la ubicación que tiene esta estación respecto a las demás, pues prácticamente se encuentra en la “cola” del Estero y bastante alejada de la boca del Golfo de Fonseca, por lo que el periodo de recambio de agua del Estero no le favorece; por otra parte, el poblado más cercano es Puerto Morazán, cuyos habitantes tiran a las aguas del Estero prácticamente todos los desechos de sus actividades (heces fecales, aguas residuales, basuras, desechos de camarones y peces, etc.). Todos estos desechos favorecen el crecimiento y propagación de organismos patógenos oportunistas debido a que encuentran las condiciones ideales para su reproducción y sobrevivencia. En la Tabla 3 se muestra la presencia de *Salmonella sp.* en las 6 estaciones de muestreo.

Tabla 3. Presencia de *Salmonella sp.* en el Estero Real en 1999.

Estación	Estrato	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agst	Sept	Oct	Nov	Dic
El Chorro	Superficie												
El Chorro	Fondo												
Camilo Ortega	Superficie												
Camilo Ortega	Fondo												
Pto. Morazán	Superficie												
Pto. Morazán	Fondo												
Cooprocám	Superficie												
Cooprocám	Fondo												
Torrecillas	Superficie												
Torrecillas	Fondo												
Los Perejiles	Superficie												
Los Perejiles	Fondo												

Clave: Positivo:  Negativo: 

d) Recuento total de mesófilos (UFC/100ml):

Las bacterias mesófilas son las que crecen entre rangos de temperaturas de 20°C a 40°C. La mayoría de las bacterias parecen ser mesófilas. Esto es especialmente cierto para bacterias patógenas que crecen en el cuerpo humano, cuando la temperatura es de 37°C. De esta manera, cuando la temperatura del cuerpo aumenta a 40°C (104°F) se produce un “efecto de cocción” en las bacterias. Hay que señalar que existen bacterias patógenas que usualmente crecen entre rangos de 35°C a 42°C (Alcamo, 1994).

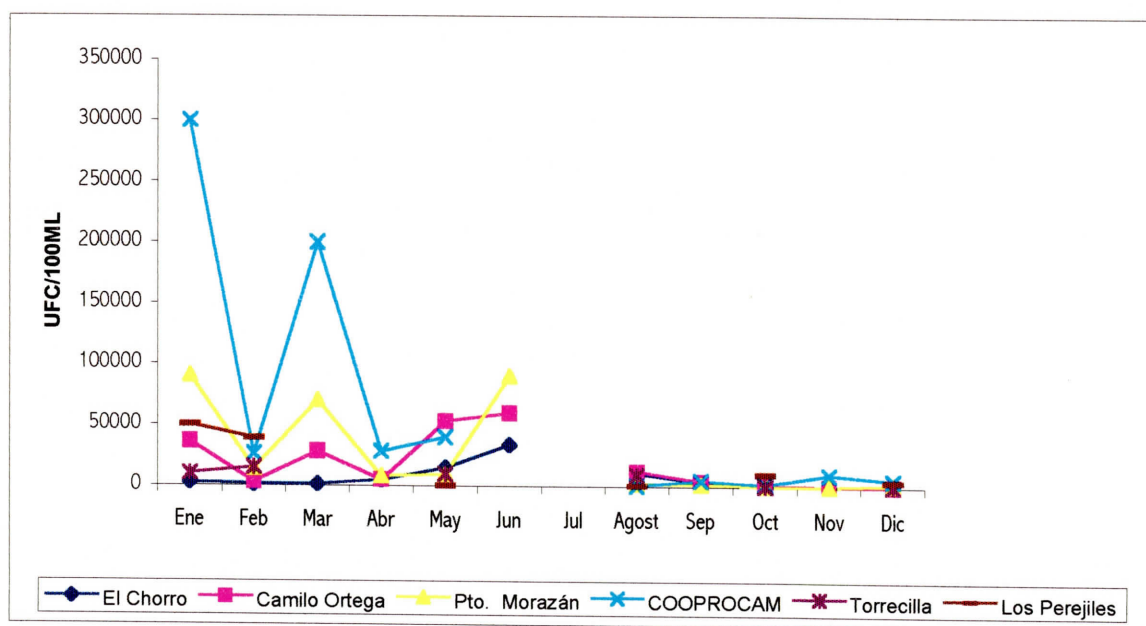
Existen mesófilos que pueden crecer substancialmente a temperaturas por debajo de su rango normal. Algunos, por lo tanto crecen en alimentos refrigerados a 5°C donde pueden dañar los productos y causar la putrefacción de los alimentos. Por ejemplo, los

Staphilococos pueden crecer en el refrigerador y depositar sus toxinas en filetes helados, alimentos salados y sobrantes de comidas. Cuando tales alimentos son consumidos sin calentamiento, las toxinas pueden causar envenenamiento (Alcama, 1994).

Otros mesófilos que crecen en ambientes fríos incluyen a *Salmonella sp.* que son agentes infecciosos, y *Proteus vulgaris*, que causan el ennegrecimiento de los huevos con un olor característico a podrido (Alcama, 1994).

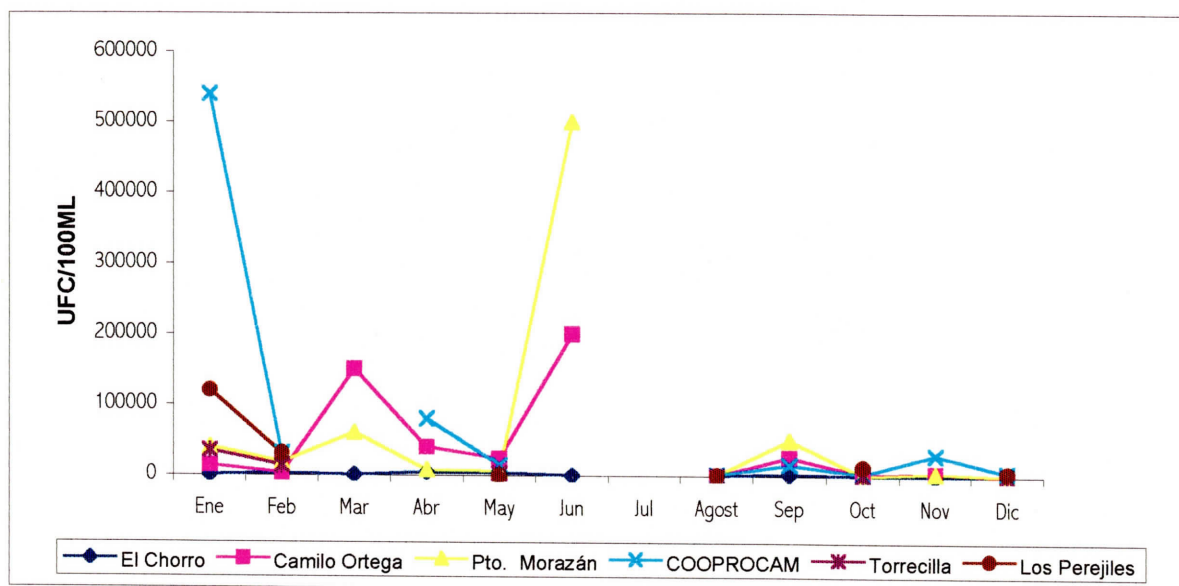
Según esta definición, todas las especies de bacterias encontradas en las seis estaciones de muestreo del Estero Real en 1999, son mesófilas ya que necesitaron de 37°C de incubación para crecer en los diferentes medios de cultivo. De acuerdo con el Gráfico 1, en la superficie de la estación de Cooprocám se registró mayormente la presencia de bacterias, seguida por las estaciones de Puerto Morazán y Camilo Ortega. Los picos se registraron en los meses de enero, marzo y junio, correspondientes al periodo de verano, época en la que las aguas están más calientes y la salinidad es mayor.

Gráfico 1: Recuento total de bacterias mesófilas en la superficie de las estaciones muestreadas



En el fondo de las estaciones de muestreo, el comportamiento de las bacterias mesófilas fue similar, tal y como se observa en el Gráfico 2. Las estaciones de muestreo más afectadas son Cooprocám, Puerto Morazán y Camilo Ortega en los meses de enero, marzo y junio. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), el nivel permitido de bacterias mesófilas en el agua debe ser menor a los 1.0×10^5 UFC/ml y sólo en Cooprocám en enero se obtuvieron 3.0×10^5 UFC/ml y 5.4×10^5 UFC/ml en la superficie y en el fondo respectivamente, muy por encima de lo permitido.

Gráfico 2. Recuento total de bacterias mesófilas en el fondo de las estaciones muestreadas en el Estero Real



e) Recuento coliformes fecales (NMP/100ml):

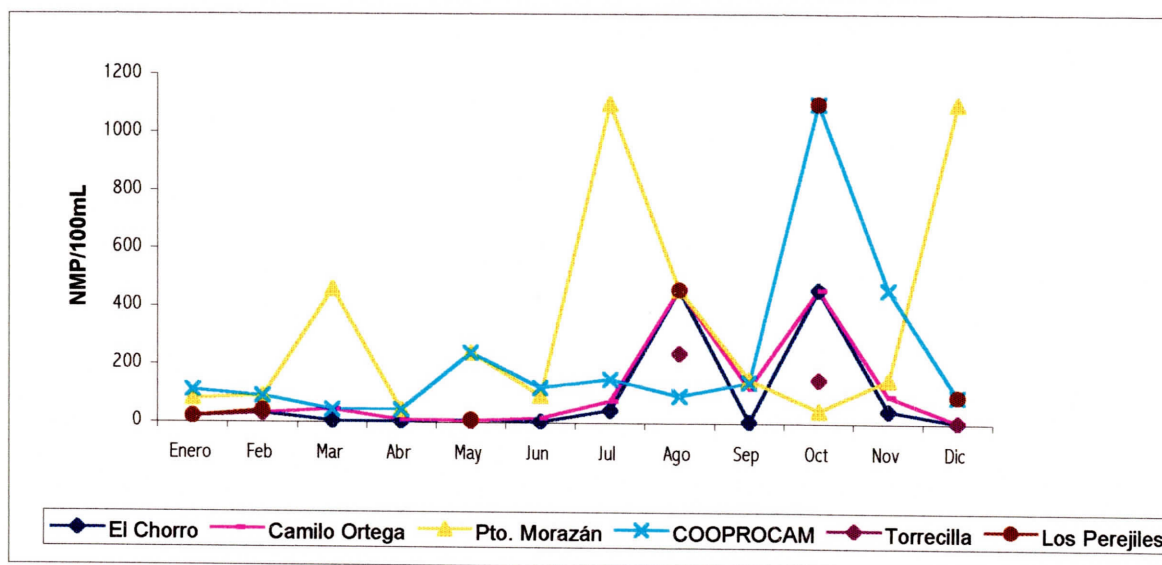
Las bacterias coliformes son un grupo grande y heterogéneo de bacilos gram - negativos que en cierta forma son similares al prototipo, *Escherichia coli*. La complejidad del grupo, las variaciones en los resultados de las pruebas bioquímicas y las relaciones ecológicas cambiantes han conducido a una confusión de nombres. Junto a *E. coli*, habitante del intestino, se incluyen con frecuencia entre los coliformes el grupo *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Serratia* (Jawetz *et al*, 1885).

Las bacterias coliformes son bacilos cortos, que fermentan la lactosa y forman ácido y gas. Son anaerobios facultativos y se multiplican con mayor rapidez a temperaturas entre 30°C y 37°C; suelen encontrarse en el aparato intestinal del ser humano y de animales. *E. coli* muy pocas veces se encuentra fuera del intestino, excepto cuando ha ocurrido contaminación con excretas humanas o de animales. *K. pneumoniae* está ampliamente distribuida en la naturaleza y se encuentra en la tierra, en el agua, los granos y en el tubo digestivo de seres humanos y animales (Carpenter, 1982).

E. coli es importante no sólo en relación con los análisis de aguas, sino también clínicamente como causante de varias formas comunes de infecciones. Aunque vive en el intestino humano casi sin causar daño, tiene cierta capacidad para crecer en otras partes del organismo y es un circunstanial típico. Es una de las bacterias que con mayor frecuencia producen inflamación en las vías urinarias y en la vesícula biliar (Burdon, 1971).

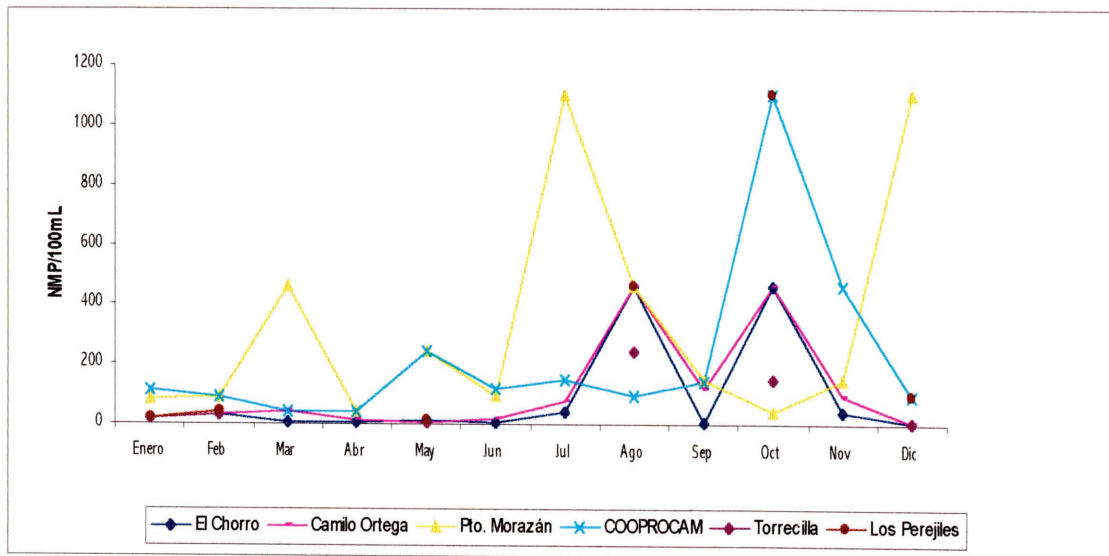
En la superficie de las estaciones muestreadas se encontró contaminación abundante por bacterias de coliformes fecales, principalmente en Puerto Morazán, Cooprocám y Los Perejiles. Los picos corresponden a los meses de julio, octubre y diciembre, según lo muestra el Gráfico 3. La presencia de los coliformes fecales en todas las estaciones de muestreo indican que las aguas del Estero Real presentan una alta contaminación por heces humanas, ya que aunque Puerto Morazán sea el poblado más grande ubicado a la orilla de este Estero, las corrientes de los ríos u otros cuerpos de agua que desaguan en él, pueden arrastrar heces fecales a su paso, contribuyendo a aumentar la proliferación no sólo de los coliformes fecales, sino de otros tipos de bacterias patógenas.

Gráfico 3. Recuento total de Coliformes fecales en la superficie de las estaciones muestreadas en el Estero Real en 1999



En el fondo de las estaciones muestreadas también se encontró una fuerte presencia de bacterias coliformes, mayormente en Puerto Morazán, Camilo Ortega, Cooprocám y Los Perejiles, pero los picos se presentaron en los meses de mayo, septiembre y octubre, según se muestra en el Gráfico 4. Los niveles permitidos según la USEPA para coliformes fecales deben ser menos de 40 UFC/100ml y en las estaciones más afectadas se obtuvieron hasta 1100 UFC/100ml, lo que evidencia el grado de contaminación de estas aguas por las actividades humanas.

Gráfico 4: Recuento total de Coliformes fecales en el fondo de las estaciones muestreadas en el Estero Real en 1999



V. CONCLUSIONES:

- Los resultados de los parámetros físicos - químicos y microbiológicos de las muestras del Monitoreo del Estero Real en los diferentes estratos mostraron poca variabilidad entre sí, lo que nos indica que no se presentó estratificación, ya que los datos obtenidos son similares.
- Los niveles de temperatura °C observados durante el año a lo largo de todas las estaciones no mostraron variabilidad, notándose apenas una pequeña diferencia en los meses de octubre y noviembre.
- La temperatura aumenta paulatinamente todos los meses hasta septiembre descendiendo sus niveles a partir de octubre.
- La concentración de oxígeno disuelto es mayor en las estaciones más cercanas al Golfo y sus niveles disminuyen a medida que están más alejadas del mismo. Se explica porque existe un mayor volumen de recambio de agua en las estaciones más cercanas al Golfo.
- Se presenta un comportamiento similar de aumento y disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto en todas las estaciones incluyendo ambos estratos. Agosto se muestra como uno de los periodos donde se observan los puntos más bajos en cuanto a la concentración de oxígeno disuelto (agosto ha sido el cuarto mes de lluvia). En febrero se observaron los puntos más altos de concentración de oxígeno disuelto.
- Los niveles de pH no mostraron variabilidad significativa entre las estaciones de muestreo; sin embargo, se señala un nivel de pH más bajo al final del invierno en las estaciones más alejadas de la boca del Golfo.
- Tal como se esperaba, la concentración de salinidad se eleva en los últimos meses de la época seca; sin embargo no sobrepasa las 40 ppt, valor por el cual se ven afectadas las especies de *Litopennaeus*.
- La concentración de DBO disminuye en la época lluviosa con relación a la menor presencia de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua; y es mayor en las estaciones más próximas al Golfo. El DBO tiene una proporción directa con el oxígeno disuelto.
- La concentración de DQO es mayor en las estaciones mas alejadas de la boca del Golfo debido a que en estas estaciones se presenta una mayor concentración de materia orgánica y sedimentos que utilizan una mayor cantidad de oxígeno del medio para degradación en las reacciones.

- La conductividad presenta una relación directa con la salinidad; y presenta las mismas fluctuaciones como las de la salinidad en las estaciones y periodos de invierno y verano.
- Los niveles de fosfato se mantienen estables en todas las estaciones incrementando los valores a medida que las estaciones se alejan del Golfo, ya que se presenta una mayor cantidad de nutrientes. Igual comportamiento sufrieron los niveles de nitratos a lo largo del Estero Real: los valores mas altos se presentaron en mayo y los más bajos, en febrero.
- Los niveles de nitritos se mantienen con valores similares a excepción de los observados en los meses de febrero y octubre. Los valores más altos se observan en las estaciones más cercanas al Golfo en octubre y en las más alejadas en febrero.
- La concentración de bases en las estaciones es similar durante el año. Las concentraciones de alcalinidad más bajas se presentaron en las estaciones más cercanas al Golfo. Las aguas más alcalinas se presentaron en las estaciones más distantes del Golfo.
- Durante 1999 se reportaron siete especies de *Vibrio* en las aguas de las seis estaciones de muestreo establecidas previamente a lo largo del Estero Real, estando presente mayormente *V. parahaemolyticus*, *V. fluvialis*, y *V. alginolyticus*. Estas bacterias son patógenas para humanos y para animales y, aunque en el ser humano solamente causan disenterías agudas, en los camarones peneidos pueden provocar mortalidades hasta del 100%. Según Prieto (1993), su control es posible por tratamiento con antibióticos, pero el control fundamental se logra manteniendo una calidad adecuada del agua, así como disminución de la carga bacteriana mediante el empleo de filtros para el tratamiento del agua.
- En las estaciones de muestreo Camilo Ortega, Puerto Morazán, Cooprocám, Torrecillas y Los Perejiles se encontró contaminación por *Vibrio cholerae* en los tres primeros meses del año y en los tres últimos, lo que evidencia la presencia de heces fecales en las aguas. Aunque estas bacterias no se presentaron durante todo el año, se debe tomar en cuenta que están presentes en las aguas y que los brotes se pueden agudizar en cualquier época. Esta situación pone en grave riesgo la salud humana al consumir peces, camarones, moluscos o cualquier otro organismo contaminado. Según la USEPA, no debe existir ningún *V. cholerae*/100ml.
- Puerto Morazán, Cooprocám y Los Perejiles fueron las estaciones donde se encontró *Salmonella sp.* en los meses de octubre y noviembre. Debido a que los datos reportados son cualitativos solamente, no se puede precisar el número exacto de bacterias encontradas, pero de acuerdo con la USEPA no debe haber ninguna cantidad de *Salmonella sp*/100ml.

- La mayor cantidad de **bacterias mesófilas** se presentaron en Cooprocám, Puerto Morazán y Camilo Ortega en la época de verano. El mayor número reportado correspondió a Cooprocám fondo (5.4×10^5 UFC/ml) muy por encima de los niveles permitidos (1.5×10^5 UFC/ml).
- En las seis estaciones muestreadas se encontró una fuerte presencia de **Coliformes fecales** en los dos estratos muestreados: superficie y fondo, encontrándose hasta 1100 NMP/100ml bacterias coliformes. Siendo esto un parámetro indicativo de contaminación orgánica con heces fecales.
- **En resumen:** Durante 1999, las estaciones que se encontraron con mayores problemas de presencia de bacterias fueron Camilo Ortega, Puerto Morazán y Cooprocám. De acuerdo con la literatura consultada, es normal encontrar en el ecosistema acuático una cierta cantidad de microorganismos patógenos para los humanos y para algunos animales, los que en cantidades pequeñas no representan peligro alguno. Cuando las poblaciones patógenas sobrepasan los niveles permitidos, se debe tener cuidado por el riesgo que representan para la salud humana. En algunos países, es común utilizar antibióticos para el control de las poblaciones bacterianas en los cultivos acuícolas, pero se corre el riesgo de hacerlas resistentes a los tratamientos, - además de la contaminación a los ecosistemas que esto implica - , uniendo a ello los altos costos de producción que, en países pobres como el nuestro, están fuera del alcance de la mayoría de los productores. Por lo tanto, la única forma de controlar las poblaciones de patógenos y asegurar la calidad de los organismos en cultivo, es tener controles durante todo el cultivo, seguir las indicaciones de HACCP en cosecha para eliminar bacterias de las superficies del camarón, utilizar agua adecuada para este efecto y verificar la calidad del hielo, entre otras.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- ALCAMO E. 1994. Fundamental of Microbiology. Cummings Publishing Company, Inc. California, Estados Unidos. Pág. 915.
- BOYD, C. E. 1979. Aluminum Sulfate (Alum) for Precipitating Clay Turbidity from Fish Ponds. Trans. Amer. Fish. Soc., En: En Boyd C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture, Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama, U.S.
- BOYD, C. E. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming. Ala. Agr. Exp. Sta., Auburn Univ., Ala., Bull. En: En Boyd C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture, Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama, U.S.
- BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S.
- BOYD, C.E. 1998. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University.
- BURDON K. L & Williams R. P. 1971. Microbiología. Centro Regional de Ayuda Técnica. México. Pág. 882.
- CARPENTER P. L. 1982. Microbiología. Editorial, Interamericana S. A. México D.F. Pág. 518.
- CARCAVA F. 1989. Manual Práctico de Bacteriología Marina. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. Pág. 79.
- FAST, A. W. 1986. Pond Production Systems: Water Quality Management Practices. 141 – 167 En Boyd C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture, Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama, U.S.
- HEM. J. D. 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U.S. Geol. Survey, Water Supply Paper 1473, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D. C. 363 pp En: BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S
- HUNT, C. B. 1967. Physiography of the United States. W. H. Freeman and Co. San Francisco 480 pp. En: Boyd C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture, Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama, U.S.
- JAWETZ E. Melnick J. L. 1985. Microbiología Médica. Editorial, El Manual Moderno S. A de C. V. México D. F. Pág. 588.

- LIVINGSTONE, D. A. 1963. Chemical Composition of Rivers and Lakes. U.S. Geol. Surv., Prof. Paper 440-G U.S. Gov. Printing Office, Washington, D. C. 64 pp En: BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S
- MAIRS, D. F. 1966. A Total Alkalinity Atlas for Maine Lake Waters. Limnol. Oceanogr., 11: 68 - 72 En: BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S
- MOYLE, J. B. 1945. Some Chemical Factors Influencing the Distribution of Aquatic Plants in Minnesota. Amer. Midl. Natur., 34: 402 – 420 En: BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S
- MOYLE, J. B. 1956. Relationships Between the Chemistry of Minnesota Surface Waters and Wildlife Management. J. Wildl. Manag., 20: 303 – 320 En: BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S
- PRIETO A. y Rodríguez M. C. 1993. Diagnóstico y Control de Enfermedades Bacterianas en Camarón de Cultivo. FAO. México D.F. Pág. 61.
- WHEATON, F. W. 1977. Aquacultural Engineering. Wiley – Interscience, New York. 708 pp En: BOYD, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture Birmingham Publishing Co. Birmingham, Alabama U.S.

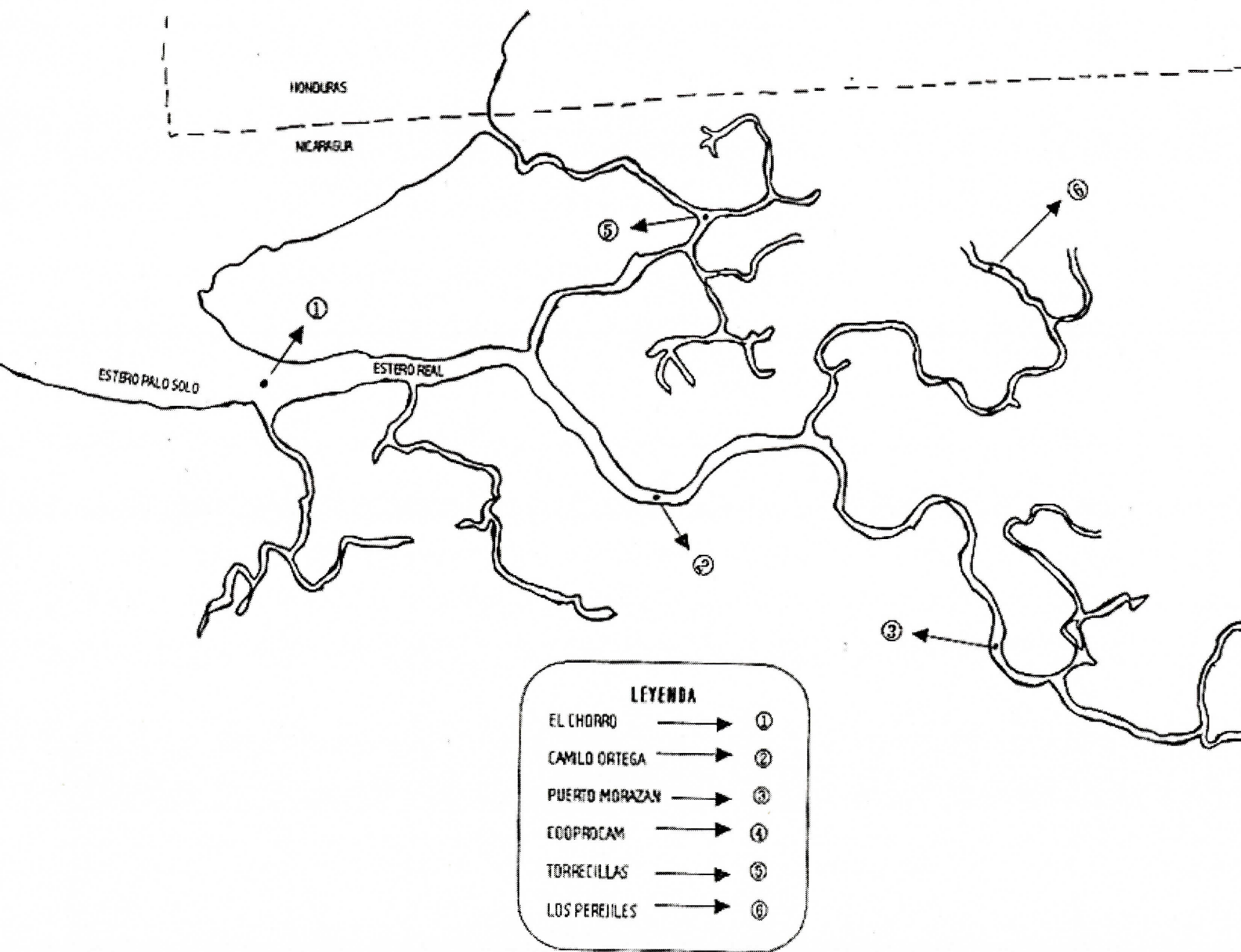
ANEXOS



Figura No 1. ESTERO REAL EN EL GOLFO DE FONSECA

(Curie, 1991)

FIGURA N°2. ESTACIONES DE MONITOREO EN EL ESTERO REAL





UCA

Universidad Centroamericana

Para adquirir copias adicionales de éste documento escribir a:
Centro de Investigación de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA)
Universidad Centroamericana (UCA)
Apdo. 69 Managua, Nicaragua
E-mail cidea@ns.uca.edu.ni